# DA LAVOURA ÀS BIOTECNOLOGIAS

## agricultura e indústria no sistema internacional

David Goodman
Bernardo Sorj
John Wilkinson

centro edelstein de pesquisas sociais
www.centroedelstein.org.br

**AGRADECIMENTOS**

Este livro teve uma longa gestação, principalmente devido à nossa dispersão geográfica e ao desafio de escrever sobre o "centro" a partir da periferia. Priscilla Kritz deu uma contribuição decisiva durante as etapas iniciais críticas de nossa colaboração ao se encarregar de fazer circular o fluxo dos *papers* e rascunhos entre Rio de Janeiro, Belo Horiwnte e Salvador. Mudanças subseqüentes para Londres e Bruxelas acrescentaram novas dificuldades logísticas, embora compensadas por um melhor acesso às fontes correntes de informação. A este respeito os períodos de trabalho junto ao Centro de Desenvolvimento da OECD e junto aos Programas CUBE e FAST da CEE foram de particular valia.

Nos estágios finais de nosso trabalho o London University College nos forneceu apoio institucional. Os vários rascunhos do manuscrito foram preparados de maneira eficiente e paciente por Priscilla Kritz, Eileen Pearce e Jill Money. Agradecemos a John Davey por sua aceitação filosófica de nossos repetidos atrasos com o término do livro. Finalmente, somos gratos às nossas famílias que suportaram nossa absorção nesta *novela* com tão bom humor.

**SUMÁRIO**

## INTRODUÇÃO

Este livro cresceu da convicção de que as análises contemporâneas da agricultura e da mudança social rural alcançaram um *impasse.* Dentro da tradição marxista, o significado do desenvolvimento tecnológico foi continuamente distorcido na medida em que as categorias teóricas e ideológicas do marxismo clássico foram alargadas para incorporar as estruturas sociais rurais modernas. Por sua vez, as contribuições neoclássicas, embora levando em conta a questão crucial da inovação, reduziram-na ao problema genérico da substituição de fatores. As duas abordagens, seja na linguagem da "penetração" ou da "modernização" capitalista, trataram do problema *da* agricultura, tal como ele é condicionado pela peculiaridade das relações sociais, por um lado, e pelas proporções entre os fatores, por outro.

A chave para compreender o caráter único da agricultura, argumentamos, não está nem em sua estrutura social nem na dotação dos fatores. Ao contrário, a agricultura confronta o capitalismo com um *processo de produção natural.* Diferentemente dos setores da atividade artesanal, a agricultura não poderia ser diretamente transformada num ramo da produção industrial. Não havia alternativa industrial à transformação biológica da energia solar em alimento. A industrialização da agricultura, portanto, tomou um caminho decididamente diferente.

Este caminho foi determinado pelas limitações estruturais do processo de produção agrícola, representadas pela natureza enquanto conversão biológica de energia, enquanto tempo biológico no crescimento das plantas e na gestação animal, e enquanto espaço nas atividades rurais baseadas na terra. Incapazes de remover estas limitações diretamente através da criação de um processo de produção unificado, os capitais industriais reagiram adaptando-se às especificidades da natureza na produção agrícola. Dentro dos limites mutáveis definidos pelo progresso técnico, elementos *discretos* do processo de produção têm sido conquistados pela indústria - a semeadura à mão pela máquina de semear, o cavalo pelo trator, o esterco por produtos químicos sintéticos. Assim, diferentes aspectos da produção agrícola foram transformados em setores específicos da atividade industrial. Este processo descontínuo porém persistente de eliminação de elementos discretos da produção

agrícola, sua transformação em atividades industriais e sua reincorporação na agricultura sob a forma de insumos designamos *apropriacionismo.*

Os produtos da agricultura igualmente apresentaram problemas singulares para a produção industrial. O destino deles como alimento impedia sua simples substituição por produtos industriais. Entretanto, o surgimento da indústria alimentícia, argumentamos, representa um processo igualmente descontínuo, mas permanente, de alcançar a produção industrial de alimentos, que denominamos *substitucionismo.* Neste processo, a atividade industrial não apenas representa uma proporção crescente do valor agregado, mas o produto agrícola, depois de ser primeiramente reduzido a um insumo industrial, sofre cada vez mais a substituição por componentes não-agrícolas.

Estes dois conceitos básicos representam processos paralelos e correspondem de modo amplo à industrialização da produção rural e do produto agrícola final. Trata-se, entretanto, de çonceitos analíticos e, portanto, não coincidem necessariamente com uma distinção entre o que ocorre *na* fazenda e o que ocorre *fora* dela, como veremos em nossa análise do impacto das modernas biotecnologias. Estas idéias centrais do apropriacionismo e do substitucionismo são elaboradas extensamente nos Capítulos 1 e 2.

A transformação industrial da agricultura ocorreu historicamente através de uma série de apropriações parciais, descontínuas do trabalho rural e dos processos biológicos de produção (máquinas, fertilizantes, sementes híbridas, produtos químicos, biotecnologias), e do desenvolvimento paralelo de substitutos industriais para os produtos rurais. Este duplo movimento é representado pela emergência dos setores agroindustriais que fornecem insumos agrícolas e pela diversificação para além dos portões da fazenda do processamento e da distribuição dos alimentos e fibras. O crescimento do "complexo" agroindustrial é examinado sob uma perspectiva histórica no Capítulo 1, com ênfase nos "momentos decisivos" *(turningpoints)* de natureza estrutural determinados pelas inovações mecânicas, químicas e genéticas. Ao contrário de formulações recentes, este "complexo" é visto como uma fase dinâmica e, no final das contas, transitória, no desenvolvimento industrial da agricultura, e não sua expressão final e mais completa.

O desenvolvimento agroindustrial com base em apropriações parciais e discretas do processo de produção rural levou claramente a uma capitalização crescente das atividades

agrícolas. Entretanto, o apropriacionismo não coincide com a noção de substituição de fatores encontrada na teoria neoclássica da produção com sua ênfase nas proporções dos fatores. Nem se restringe seu significado à fabricação, externa à agricultura, de instrumentos de produção, embora esta fosse uma primeira característica identificadora quando a "natureza" era um dado virtual do processo de produção. Em seu sentido mais pleno, o apropriacionismo constitui-se pela ação empreendida pelos capitais industriais a fim de reduzir a importância da natureza na produção rural, especificamente como uma força fora de sua direção e controle. Isto foi alcançado inicialmente pela redução dos limites impostos pela terra enquanto espaço por meio da mecanização e, subseqüentemente, pelo esforço contínuo de transformar os segredos da produção biológica em conhecimento científico e propriedade industrial. Com efeito, o processo de reprodução natural das plantas e animais está sendo internalizado, através da ciência, na reprodução dos capitais industriais. Deste modo o apropriacionismo descreve a reestruturação constante do processo de produção rural à medida em que estes capitais exploram novas oportunidades de acumulação. Esta reestruturação não chega a constituir-se numa transformação unificada mas está conduzindo a um processo de produção industrial. Os desenvolvimentos na criação confinada de aves e de animais domésticos, a expansão dos sistemas agrícolas de meio ambiente controlado e as recentes inovações na biotecnologia apontam o caminho. Estas tendências são discutidas nos Capítulos 1 e 3.

A lógica do substitucionismo igualmente conduziu à criação de setores de acumulação nas fases descendentes da fabricação de alimentos e fibras. O crescimento histórico e a diversificação destes setores são examinados no Capítulo 2, onde se sugere que o resultado final tendencial do substitucionismo será o de eliminar o produto rural, e, assim, a base *rural* da agricultura. Esta dinâmica é ilustrada pelo desenvolvimento paradigmático da indústria química e das matérias-primas sintéticas. Na indústria alimentícia, a mesma tendência é revelada pela expansão dos alimentos "fabricados" altamente processados, baseados na reconstituição de componentes alimentícios genéricos, e pelo crescente controle tecnológico da produção de alimentos, manifesto no uso dos aditivos químicos. Estas tendências recentes, juntamente com um breve exame das características estruturais do moderno sistema de alimentos, são considerados na segunda

parte do Capítulo 2.

O tema central do Capítulo 3 são as novas direções do apropriacionismo e do substitucionismo criadas pelo advento na década de 1970 das modernas biotecnologias, particularmente da engenharia genética. Estes novos métodos marcaram um avanço generalizado na manipulação industrial da natureza, e deram início a uma revolução tecnológica na reprodução de plantas e animais domésticos, nos agroquímicos e na fabricação de alimentos. Entretanto, a importância da biotecnologia engloba um âmbito muito mais amplo, estendendo-se a todas as indústrias que utilizam matérias-primas renováveis ou que potencialmente possam fazê-lo. Este capítulo explora as diferentes facetas deste processo de "bioindustrialização", começando a engenharia genética das plantas e o crescente controle desta nova força produtiva por parte das corpo rações transnacionais. Seções subseqüentes examinam as biotecnologias na produção de animais domésticos, e as conexões que emergem entre estas novas técnicas e a microeletrônica.

As novas direções do substitucionismo são examinadas posteriormente no Capítulo 3 quando se considera o impacto das biotecnologias no processamento dos alimentos e na introdução de novos produtos. Estas inovações de produtos e de processos criam tanto oportunidades quanto desafios para os sistemas de agroalimentos e de fibras estabelecidos. Deste modo as biotecnologias oferecem maiores possibilidades de utilização secundária para as safras convencionais mas ao mesmo tempo aumentam a possibilidade de intercâmbio entre as diferentes matérias-primas. Esta tendência reforça a ação do substitucionismo sobre as atividades rurais dependentes da terra ao reduzirem a diferença entre as fontes de alimento e de fibras de tipo agrícola e não-agrícola. Concluímos o Capítulo 3 esboçando as trajetórias alternativas da apropriação e da substituição industriais: na direção da produção automatizada contínua do produto agrícola, por um lado, e produção fabril de alimentos usando matérias-primas não alimentícias, até mesmo não-agrícolas por outro lado.

No capítulo final, examinamos as implicações de nosso argumento para a análise das estruturas sociais rurais, começando com uma revisão crítica das contribuições aos debates marxistas clássicos. As limitações destas análises são reproduzi das por suas reformulações contemporâneas, que visam compreender as tendências posteriores à

Segunda Guerra Mundial nas estruturas agrárias das economias industriais avançadas e no Terceiro Mundo. Chamamos atenção particularmente para as fraquezas da tese agroindustrial antes de considerar diversas formulações que têm maiores afinidades com nossa posição. Em suma, os limites mutáveis à capacidade dos capitais industriais de subordinarem o processo de produção rural delineiam configurações específicas de relações sociais rurais, e de fato determinam a persistência da agricultura como uma atividade rural. Voltamo-nos então para a questão do Estado e da agricultura e indicamos como nossa abordagem contribui para a análise histórica destas relações. Esta discussão é seguida por um exame da mudança estrutural posterior à Segunda Guerra Mundial na agricultura da Europa Ocidental e dos Estados Unidos, que acrescenta conteúdo empírico ao processo industrial de apropriação e de substituição. Com base nestas tendências recentes e em nosso esquema teórico geral, a seção final examina brevemente alguns cenários possíveis da reorganização da agricultura e da mudança social rural.

## CAPÍTULO 1

## A APROPRIAÇAO INDUSTRIAL DO PROCESSO DE PRODUÇAO RURAL

### INTRODUÇÃO

Neste capítulo, desenvolvemos o conceito de apropriacionismo e examinamos diversos estudos de caso de apropriação industrial das atividades rurais. A tese central é a incapacidade histórica do capital industrial em transformar o sistema agroalimentício, da produção agrícola até o consumo final do alimento, como um todo unificado. Frações individuais do capital, portanto, intervieram em diferentes pontos do sistema, dando surgimento a estratégias de acumulação e de crescimento específicas e, às vezes, em mútua competição. Embora haja áreas sobrepostas, como veremos, os capitais apropriacionistas estão associados principalmente com o processo de produção rural e com a transformação primária das safras, enquanto os capitais substitucionistas estão envolvidos nas etapas posteriores da fabricação de alimentos.

A agricultura tem-se constituído no principal obstáculo à imposição de um processo de produção capitalista unificado no sistema agroalimentício e, conseqüentemente, à capacidade de revolucionar os meios de produção. As principais limitações são representadas pela natureza orgânica, pela terra e pelo espaço, e estes fatores determinaram o padrão e a trajetória da apropriação. Os capitais industriais têm-se restringido a apropriações parciais do processo de trabalho rural, conduzindo em diferentes conjunturas históricas à mecanização da agricultura e a inovações químicas e genéticas. A apropriação industrial das atividades de processamento internas à agricultura *(on-farm)* apresentou poucas dificuldades. A despeito dos problemas derivados de sua natureza perecível, os produtos agrícolas, uma vez colhidos, assemelham-se de perto a outras matérias-primas usadas como insumos industriais. As operações de processamento industrial muitas vezes surgiram a partir das atividades comerciais dos capitais mercantis, como no caso do trigo e da farinha, ou resultaram de inovações que conferiram vantagens de escala à organização fabril, como se deu com o refino do açúcar.

Em contraste com a transformação primária dos produtos alimentares e das fibras, a industrialização do processo de produção agrícola seguiu um padrão mais gradativo, temporalmente irregular, de pendente dos avanços da ciência e da tecnologia para revelar novas oportunidades para a produção capitalista. Isto é, incapaz de subsumir o processo de produção rural *in toto,* algumas atividades rurais selecionadas tornaram-se setores de acumulação para diferentes frações do capital industrial. À medida em que certos elementos do processo de produção rural tornam-se suscetíveis de reprodução industrial, eles são apropriados pelos capitais industriais e *reincorporados* na agricultura como insumos ou meios de produção. O desenvolvimento capitalista da agricultura é assim caracterizado pela apropriação industrial de atividades *discretas,* em marcante contraste com a transformação da produção artesanal doméstica e rural[1]. A produção capitalista no caso da agricultura localiza-se na cidade, não no campo.

Estas apropriações da produção rural, parciais e historicamente descontínuas, definem as origens dos capitais agroindustriais e o "complexo" de setores (equipamentos, processamento, sementes e agroquímico). Estes desenvolvimentos são considerados numa perspectiva histórica no presente capítulo. A discussão, apoiada por estudos de caso, dá ênfase aos pontos decisivos determinados pelas inovações mecânicas, químicas e, mais recentemente, genéticas e às trajetórias dos capitais industriais associados.

O desenvolvimento capitalista da agricultura é, assim, conceituado como o movimento competitivo dos capitais industriais a fim de criar setores de acumulação através da reestruturação do processo recebido de produção rural "pré-industrial". A indústria gradativamente apropriou-se de atividades relacionadas com a produção e o processamento que, em conjunturas passadas, eram encarados como elementos integrais do processo de produção rural, baseado na terra. É precisamente nesta fase, nos setores industriais constituídos por estas apropriações, que atividades previamente "rurais" são subordinadas ao capital, removendo as barreiras à acumulação. Este movimento de capital e o *locus* da acumulação definem todo o significado da noção de desenvolvimento capitalista da agricultura. De fato, a sobrevivência de unidades agrícolas *(farms),* onde a natureza e a terra constituem elementos não reprodutíveis, dá a medida dos limites correntes a este processo.

Uma vez que a apropriação industrial tem sido um processo parcial e descontínuo, diferentes frações do capital consolidaram historicamente suas posições em vários setores do sistema agroalimentício, seja na produção de implementos agrícolas, seja no processamento, na fabricação ou distribuição de alimentos. Estas determinações históricas, por sua vez, definiram vias de crescimento e estratégias de competição específicas em resposta às condições estruturais da indústria. As inovações tecnológicas que podem, potencialmente, eliminar ou reduzir drasticamente a utilização de certo produto agrícola no sistema agroalimentício serão vistas, assim, de muitas perspectivas diferentes e provocarão variadas reações de competição. Por exemplo, a indústria química e a produção de fibras sintéticas e de substitutos alimentares derivados de hidrocarbonos podem ser vistas como representantes do desenvolvimento paradigmático do capitalismo no sistema agroalimentício. Certamente a natureza, seja enquanto terra, espaço ou reprodução biológica, não representa mais, então, uma limitação definitiva à transformação capitalista do processo de produção e da divisão social do trabalho. As biotecnologias industriais podem também ser vistas como uma ameaça à base rural da agricultura, o que nos forçará a redefinir as noções recebidas de "agricultura" e de "indústria"[2]. Comitantemente, entretanto, as mesmas inovações genéricas na biotecnologia estão sendo utilizadas por outros capitais agroalimentícios mais especificamente associados a certos produtos, a fim de melhorar as perspectivas econômicas de determinados produtos agrícolas, do que resulta urna reafirmação da base rural da produção de alimentos e de fibras. Dois exemplos correntes deste tipo de resposta competitiva que age como um contrapeso são o desenvolvimento da indústria agrícola de carboidratos com base no milho e outros grãos, e o desenvolvimento da sucroquímica. Como sustentamos no Capítulo 3, as modernas biotecnologias abrem muitas novas e contraditórias alternativas para o sistema agroalimentício e seus capitais associados, que desafiam projeções simplistas e unilineares de seus efeitos.

Isto nos conduz a uma diferença crítica na dinâmica dos capitais industriais constituída pelo apropriacionismo e pelo substitucionismo. O movimento tendencial deste é substituir o produto rural e, como sugerimos no Capítulo 2, a indústria química representa o paradigma exato. A relação do substitucionismo com as matérias-primas agrícolas, sejam alimentos ou fibras, é puramente instrumental e há um impulso constante para a

diversificação de possíveis fontes de insumos e para uma intercambialidade maior. Os fabricantes de alimentos e de fibras aceitam prontamente trocar seus suprimentos de matérias-primas se os fatores técnicos e econômicos assim o exigirem. Por outro lado, os capitais industriais ligados ao comércio de bens agrícolas e processamento primário estão identificados intimamente com cadeias específicas de produtos agrícolas. Seu poder e sua futura expansão estão atados umbilicalmente às perspectivas de certos produtos agrícolas particulares, tais como cereais, açúcar ou leite. Esta íntima identificação com os produtos estimula também as estratégias de pesquisa e desenvolvimento (P e D); por exemplo, para aumentar a utilização derivada ou para diversificar seus possíveis usos nas indústrias alimentícias ou outras. Entretanto, tais estratégias estão firmemente baseadas nas estruturas rurais de oferta de produtos agrícolas, sobre as quais os poderosos interesses ligados ao processamento de bens agrícolas consolidaram seu poder.

Os capitais formados por apropriações parciais sucessivas dos processos de trabalho rural e de produção biológica, e geralmente representados pelo "complexo" agroindustrial, também se caracterizam pela dependência relativamente às atividades rurais, baseadas na terra. Numa generalização ampla, as apropriações parciais que constituíram estas indústrias mais favoreceram a produtividade total dos fatores da produção baseada na terra do que se constituíram numa ameaça à sua existência[3]. Deste modo, embora o apropriacionismo tenha produzido mudanças nas características genéticas de organismos vivos através de técnicas de hibridização, os processos biológicos subjacentes à produção rural continuaram a ser determinados fundamentalmente por condições ambientais com base na terra. Somente com o surgimento de biotecnologias modernas, notavelmente os métodos de recombinação do DNA, tornou-se possível, realisticamente, considerar a perspectiva de que o processo de transformação biológica poderá, eventualmente, cair sob controle industrial direto. Entretanto, a inovação tecnológica na indústria de sementes, por outro lado, pode levar a uma maior consideração dos sistemas com base na terra e não à sua perda de importância.

Nós sugerimos que o desenvolvimento da agroindústria representa uma série de apropriações parciais das atividades de produção rural por parte do capital industrial, que são reincorporadas como *inputs* ou meios de produção. Estas apropriações discretas têm como premissa a manutenção da produção rural, onde a natureza é o agente responsável

pelo processamento e a terra sua "máquina" principal. Para dizê-lo em termos ligeiramente distintos, tanto a base quanto os limites da acumulação por parte dos capitais agroindustriais são determinados pelas características rurais ou naturais deste processo. As mesmas limitações que inibiram a transformação capitalista unificada da produção rural, simultaneamente ditaram e consolidaram as estratégias de apropriação industrial parcial.

Num paradoxo que descreve a especificidade da produção agrícola, estas inovações industriais tenderam mais a acentuar do que a reduzir a falta de congruência entre o processo de produção e o processo de trabalho. Este hiato deu surgimento a duas tendências principais na apropriação da agricultura. Na produção artesanal, a mecanização resultou na transformação substancial e no eventual deslocamento do processo de produção herdado, criando a base para a reorganização radical na divisão social do trabalho e para o surgimento da indústria moderna. A mecanização da agricultura, em contraste com aquele processo, não provocou tal transformação e, tomada isoladamente, apenas serviu para pôr em destaque a continuidade da subordinação à natureza. De fato, o processo biológico de produção como tal, constituído pela natureza, permaneceu intocado e a apropriação industrial limitou-se, essencialmente, aos vários instrumentos de produção. Deste modo, a apropriação industrial concentrou-se, inicialmente, no processo de trabalho e nas propriedades químicas do solo, mantendo-se, em grande parte, no exterior dos processos biológicos de produção rural. No caso americano, por exemplo, a preocupação praticamente exclusiva com formas mecânicas de apropriação teve as conseqüências bem conhecidas de redução gradual das safras e erosão do solo[4].

A segunda linha do apropriacionismo desenvolveu-se subseqüentemente para contrabalançar estes efeitos, embora as inovações químicas e genéticas, por sua vez, tenham-se constituído numa nova e mais insidiosa ameaça ao meio ambiente rural. Os ciclos biológicos vitais do processo de produção "natural" tornaram-se, pois, o objeto de apropriações parciais separadas através da produção industrial de fertilizantes, sementes híbridas aperfeiçoadas e agroquímicos finos. Estes movimentos relativamente independentes resultaram na emergência de ramos historicamente separados da agroindústria.

As duas tendências básicas da apropriação industrial refletiram as condições

agrárias contrastantes encontradas na Europa e nos Estados Unidos, e foram definidas pelos níveis existentes de conhecimento científico e tecnológico. Nos Estados Unidos, com abundância de terra e escassez de mão-de-obra, a energia humana e a animal utilizadas como base do processo de trabalho foram o ponto focal de uma série de rápidos e cada vez mais convergentes padrões de apropriação. A Europa, por sua vez, com seus solos exauridos, cultivados há tanto tempo, sua estrutura agrária mais rígida e, até fins do século XIX, oferta mais abundante de mão-de-obra, fez avanços através da apropriação industrial do sistema natural de restauração dos nutrientes do solo. Surgiram, assim, duas estruturas agroindustriais diferentes, ligadas, respectivamente, às dinâmicas da engenharia mecânica e automotora e da indústria química. Uma vez que a capacidade de apropriação do processo biológico de produção era bastante limitado antes de 1914, estas duas estruturas agroindustriais são caracterizadas acima de tudo por suas trajetórias independentes. Trataremos de seu desenvolvimento mais tarde neste capítulo.

A primeira apropriação real do processo de produção natural ocorreu na genética de plantas e as técnicas de hibridização de safras tornaram-se o pivô do desenvolvimento agroindustrial subseqüente. Os setores químico e de implementos agrícolas abandonaram suas estratégias relativamente independentes e convergiram na direção destas inovações biológicas, criando padrões de apropriação novos e mais interdependentes. Para estes capitais agroindustriais estabelecidos, a questão crítica era como incorporar estes avanços na criação *(breeding)* de plantas em suas estratégias de acumulação e crescimento. Os aspectos principais desta fase, incluindo os "pacotes" tecnológicos de inovações genéticas, químicas e mecânicas que constituem a chamada "Revolução Verde", são examinados abaixo. Entretanto, os avanços mais recentes na biotecnologia baseados na engenharia genética sugerem que essa convergência e essa interdependência estarão cada vez mais ameaçadas à medida em que vias diferentes e competitivas de apropriação industrial forem exploradas; consideramos esta possibilidade no Capítulo 3. O presente capítulo termina com uma discussão do padrão diferente de apropriação industrial que tem caracterizado a produção de animais domésticos.

As novas biotecnologias agrícolas prometem dar um ímpeto renovado ao crescimento da produtividade das safras agrícolas, acentuando os excedentes estruturais que

se tornaram um aspecto tão marcante da agricultura do pós-guerra nos países industriais avançados. Apesar das preocupações recentes de que a tendência ao crescimento das safras tenha diminuído, ou até mesmo atingido um "limiar" desde o início dos anos 70 (Heady, 1982), a difusão das inovações industriais trouxe ganhos espetaculares no crescimento da produtividade total, transformando a economia política da agricultura e do sistema agroalimentício. Por exemplo, a produção total das safras aumentou 97% nos Estados Unidos entre 1950 e 1981, com um aumento de apenas 3 % nas terras cultivadas e apesar de um declínio de 63 % no emprego de mão-de-obra. Estas tendências mudaram o foco do "problema agrário" do excesso de mão-de-obra e baixas rendas para o gerenciamento dos excedentes de produção gerados pelas inovações mecânicas e químico-genéticas. Do mesmo modo, na CEE, o rápido crescimento da produtividade deu novo significado ao "ajustamento estrutural" à medida em que as questões referentes à posse da terra perderam, de modo cada vez mais decisivo, sua importância relativamente às questões orçamentárias levantadas pelos excedentes de produção, seu financiamento e disposição.

Estas conseqüências do rápido progresso técnico foram induzidas e acentuadas pela intervenção estatal em todos os aspectos do funcionamento dos mercados dos produtos e fatores agrícolas. Desde a Segunda Guerra Mundial, o Estado tornou-se decisivo para a reprodução de empresas agrícolas e para a legitimação da "fazenda familiar" e dos interesses agrários. Os capitais agroindustriais identificados com sistemas de produtos agrícolas *(commodity)* baseados na terra ganharam assim um poderoso aliado. A aliança do Estado, capitais agroindustriais e "lobbies" agrários representa uma formidável coalizão em defesa da agricultura e assegura a continuidade das oportunidades de acumulação nas cadeias agroalimentícias tradicionais. A institucionalização dos excedentes de produção, relegando a segundo plano as forças do mercado, tornou-se, assim, a base das estratégias apropriacionistas dos capitais agroindustriais.

O exemplo mais vívido surge do crescimento sustentado da produtividade na produção de cereais, que permitiu a reorganização da produção de animais domésticos e a difusão de padrões alimentares de consumo de massa com base na proteína animal. Os interesses dos produtores agrícolas e dos capitais associados ao processamento agroindustrial no "complexo" dos cereais foram revitalizados com a mudança na produção

de animais domésticos que passou da pastagem em campo aberto para a utilização de forragem com base em grãos ou cereais. Os avanços concomitantes na genética, na nutrição e na saúde animal conduziram a métodos de "agricultura fabril" intensivos, em grande escala, abrindo novas áreas de acumulação para os capitais agroindustriais. Kloppenburg (1984) destacou as relações próximas entre a difusão de variedades melhoradas de milho híbrido de grande produtividade e a expansão das indústrias produtoras de forragem para alimentação e engorda de animais domésticos: "Com a manutenção do crescimento da produção os preços do milho permaneceram baixos, o que facilitou o desenvolvimento de grandes operações visando à engorda e, em última análise, à expansão dos mercados de carne de aves e de carne suína e bovina *(ib.:* p. 303)." O programa americano de *gasohol,* cuja matéria-prima são os cereais, fornece um exemplo mais recente de estratégias apropriacionistas baseadas nos excedentes de produção, que também promovem a acumulação em cadeias agroalimentícias existentes. As apropriações parciais da agricultura pelos capitais industriais que conduziram a tais transformações do moderno sistema agroindustrial são o tema deste capítulo.

## A APROPRIAÇÃO INDUSTRIAL DO PROCESSO DE TRABALHO RURAL: ESTUDOS DE CASO

A mecanização da produção dos pequenos grãos nos Estados Unidos no século XIX fornece uma boa ilustração de algumas características gerais do apropriacionismo industrial e da expansão da agroindústria. Ao aplicar esta nova tecnologia a segmentos discretos do processo de trabalho rural, os capitais industriais estabeleceram novos setores de acumulação. Esta "setorialização" não esteve informada por nenhuma percepção coerente ou projeto das bases biológicas da produção agrícola nem, tampouco, impôs um imperativo competitivo de alcançar uma transformação unificada deste processo. Do ponto de vista setorial das companhias industriais que produziam arados, máquinas de semear ou segadoras mecânicas, a terra e a natureza não constituíam uma "barreira" à sua produção capitalista nem criavam uma ruptura intransponível entre o tempo de trabalho e o tempo de produção.

A setorialização da produção rural estabeleceu, com efeito, uma seqüência de

processos diferentes de produção industrial subordinados a diferentes capitais agroindustriais. Estratégias setoriais independentes de apropriação e acumulação resultaram num processo anárquico de produção rural com altos custos sociais em termos dos danos ecológicos, da destruição dos meios "naturais" de produção e em excesso de produção concentrado geograficamente. Estas estratégias, inicialmente articuladas no século XIX, fornecem o pano de fundo à crescente intervenção estatal e conseqüente controle e regulamentação da agricultura. As inovações nas máquinas de tração animal depois de 1820 são o primeiro passo decisivo nesta história.

**A apropriação dos implementos agrícolas**

No breve período de cinqüenta anos, entre os anos 1820 e 1870, o processo de trabalho agrícola nos Estados Unidos mudou dramaticamente à medida em que as máquinas puxadas por cavalo substituíam o trabalho simples e os implementos de madeira que utilizavam energia humana ou bois. Esta transição do trabalho rural para equipamentos de produção movidos por cavalos foi particularmente acentuada na tecnologia do cultivo dos pequenos grãos, transformando as operações de preparação do solo, semeadura, cultivo e colheita. Para sermos breves, concentramo-nos abaixo no desenvolvimento dos arados e das colhedeiras, mas outros tipos de inovações mecânicas de tração eqüina, como rastelos, semeadeiras, máquinas de plantar milho, enxadas, capinadeiras de dois sulcos, ceifadoras de feno e ancinhos, eram elementos integrais desta transformação tecnológica geral[5]. A difusão das várias inovações mecânicas, representando apropriações sucessivas do processo de trabalho na produção dos pequenos grãos, contribuiu para a rápida consolidação das bases do nascente setor de maquinário agrícola[6].

Danhof (1969: p. 181) sugere que "À medida em que cada avanço integrou-se numa seqüência, produziu-se como resultado o estabelecimento de um novo sistema integrado de operações, que permitiu uma multiplicação da área total que podia ficar aos cuidados de um único homem. Nos quarenta anos que se seguiram a 1820 a tecnologia ligada à agricultura revolucionou-se pela aplicação bem sucedida e mais eficaz da tração eqüina em cada etapa crítica do cultivo”[7]. A nova tecnologia para os pequenos grãos, em conjunção com a expansão dos mercados, constituiu-se num grande incentivo para o aumento da velocidade

com que diferentes operações de produção eram realizadas. Este fator determinou efetivamente a área total que uma força de trabalho dada podia cultivar e foi, portanto, um dos principais de terminantes da renda total. A substituição dos bois pelos cavalos como animais de tração também exigiu um investimento de capital consideravelmente superior na empresa agrícola. Contudo, as pressões para a mudança eram inexoráveis: "de fato, as vantagens dos arados de superior qualidade só foram compreendidas plenamente quando a utilização da força dos cavalos aumentou-lhes a velocidade de movimento". (ib.: p. 143). A mesma coisa se passou com as segadoras, as ceifadoras e os outros equipamentos agrícolas melhorados.

***Arados***

Nos anos 1820-70 o tipo de arado geralmente utilizado na agricultura americana mudou de um instrumento primitivo de madeira, normalmente fabricado pelos próprios agricultores ou por artesãos locais independentes, para um implemento padronizado de ferro ou aço produzido em massa por métodos fabris e disponíveis numa variedade de modelos adaptados a propósitos específicos[8]. Entretanto, o eclipse das fontes de suprimento local *(on-farm)* e dos artesãos "internos" ao processo de trabalho rural foi um processo demorado e somente se completou em seguida aos avanços nas técnicas de fundição e metalúrgicas em fins da década de 1860 e ao desenvolvimento de redes eficientes de distribuição.

Além de seu desenho primitivo e de sua durabilidade limitada, o uso de madeira no lugar do ferro fundido constituía-se num difícil obstáculo à produção padronizada em grande escala, embora as características de certos arados de madeira "aperfeiçoados", tais como o Cary, fossem largamente imitadas. Os avanços nos desenhos dos arados de ferro fundido conduziram à sua gradual difusão no Leste americano a partir da década de 1820 mas "os arados eram quase invariavelmente feitos na própria fazenda ou por um carpinteiro local ou fabricante de rodas de carroça assistido por um ferreiro" (ib.: p. 185). Esta situação transformou-se gradualmente nas décadas de 1840 e 1850 à medida em que projetistas empreendedores e fabricantes licenciados introduziram uma série de arados de ferro fundido aperfeiçoados, tais como o Peakskill e o Eagle. É significativo notar que estes ara-

dos aperfeiçoados, mais leves, feitos para serem puxados por cavalos e não por bois, aumentaram muito a rapidez da aradura e da preparação do solo.

Os arados de ferro fundido fornecidos por firmas do Leste americano ou fabricados localmente sob licença mostraram-se menos adequados para os solos mais leves e finos das planícies que se agarravam às relhas e aivecas. O problema de limpeza dos arados que isto ocasionava estava diretamente relacionado com imperfeições do processo de fundição, do que resultou que os ferreiros e fundidores continuassem a fornecer modelos feitos sob encomenda no Meio-Oeste ainda na década de 1850. O material preferido para estes experimentos eram as chapas de aço e, na década de 1850, diversos ferreiros, inclusive John Deere de Grand Detour, Illinois, introduziram, com sucesso, arados de aivecas de aço. A contribuição de Deere foi introduzir aiveca e relhas numa única peça de aço e esta inovação, embora. não exclusiva, lançou as bases de um empreendimento que iria tornar-se um gigante da indústria de maquinário agrícola.

As limitações derivadas das condições tecnológicas existentes na metalurgia de então resultaram em aivecas e relhas quebradiças, exacerbando os problemas de comercialização causados pelo preço relativamente mais alto dos arados de aço. Tal como Danhof observa, a fabricação "de um arado plenamente satisfatório teve de esperar os desenvolvimentos na tecnologia das indústrias do ferro e do aço. Os arados mais baratos de aço e de ferro temperado que seriam a solução de tais problemas somente apareceram na década de 1870" (ib.: p. 199): O processo básico para o endurecimento das aivecas de ferro fundido, patenteado em 1867 por James Oliver de South Bend, Indiana, produziu uma aiveca muito resistente e durável que evitava o problema do agarramento dos solos tão bem quanto o aço. "Aperfeiçoando seu processo por meio de patentes subseqüentes sempre alerta no sentido de melhorar a execução de seus arados, Oliver, também, fez de seu negócio um império industrial. Com a introdução do arado de ferro temperado, o problema principal do lavrador da planície tinha sido resolvido" (Bogue, 1968: p. 151).

***Mecanização da colheita dos pequenos grãos***

Até a década de 1850, a tecnologia dominante para a colheita dos pequenos grãos e do capim era baseada no trabalho manual com uso da foice e da gadanha. Deste modo, a

oferta sazonal de mão-deobra determinava em grande medida a área total destas safras que os fazendeiros podiam cultivar. A colheita de pequenos grãos nos Estados Unidos experimentou transformação revolucionária entre meados da década de 1830 e o início da década de 1850, por intermédio da introdução das colhedeiras mecânicas. A difusão desta tecnologia forneceu um grande mercado novo para o desenvolvimento da produção fabril padronizada de maquinário agrícola em grande escala[9].

Mais de uma vintena de patentes para colhedeiras puxadas por cavalo tinham sido concedidas antes de 1830, mas as que foram dadas a Obed Hussey em 1833 e a Cyrus McCormick em 1834 foram decisivas na evolução de uma máquina colhedeira prática. Um fluxo de "inovações secundárias" nos próximos vinte anos trouxe aperfeiçoamentos significativos a estas primeiras colhedeiras que eram "de projeto tosco, de acabamento grosseiro e de desempenho pouco confiável" (Danhof, 1969: p. 229)[10]. Estes avanços quanto ao projeto, que reduziram progressivamente o número de trabalhadores e de cavalos necessários para a colheita, incluíam a introdução de um assento para o ancinhador, melhoras no desenho das barras e lâminas de corte e a introdução de uma máquina automática de ancinhar para substituir o trabalho antes feito manualmente.

O grande impacto no processo de trabalho e na produtividade do trabalho desta onda de inovações mecânicas na tecnologia da colheita é captado por Bogue na seguinte passagem:

> O homem que podia cortar com a foicinha menos de um acre de grãos por dia podia com a gadanha cortar pelo menos dois; ponha-o no assento de uma colhedeira da Virgínia, e ele podia cortar de 10 a 15 acres por dia, com a ajuda de um homem para ancinhar o grão. Na década de 1860, a colhedeira capaz de ancinhar automaticamente já tinha eliminado este ajudante de muitos campos de colheita. Anteriormente à Guerra Civil, pouco mais de 5 trabalhadores eram necessários para juntar os fardos atrás da colhedeira, e um número pouco menor logo após a guerra. A colhedeira Marsh Harvester reduziu este número a dois, e a enfardadora automática eliminou também estes homens (Bogue, 1968: p. 164).

Os primeiros anos da difusão da tecnologia de tração eqüina foram acompanhados por um notável incremento do número de fabricantes e licenciados locais. Entretanto, "às vésperas da Guerra Civil... a primeira etapa da transição da indústria tinha ocorrido, a saber, a passagem da oficina do ferreiro para as pequenas firmas especializadas na manufatura dos implementos" (Vedder, 1975: pp. 33-4). A rapidez de penetração e expansão que

caracterizou a indústria de equipamentos agrícolas nestes anos de formação foi facilitada "pela expiração de diversas das patentes-chave obtidas por McCormick na década de 1850" e "pelo desenvolvimento de novas patentes estratégicas por parte de numerosos rivais" (Olmstead, 1975: p. 45). Entretanto, o início da depressão agrícola em fins da década de 1870 e a diminuição do ritmo da colonização do Oeste levaram a um crescimento mais lento do mercado, largando as rédeas das tendências oligopolísticas. As duas décadas seguintes testemunharam uma intensa disputa por fatias do mercado e o número de grandes produtores na indústria de máquinas colhedeiras havia declinado de pouco mais de 100 para apenas 14 por volta do final do século. Em 1902, com apoio das empresas Morgan, 5 dos principais produtores fundiram-se para formar a International Harvester Company que, expandindo-se por intermédio de novas aquisições em 1903, deteve efetivamente o controle monopolístico sobre a indústria. Padrões largamente semelhantes de competição oligopolística, aquisições e fusões caracterizaram outros setores produtores de equipamentos agrícolas.

Assim, às vésperas da Primeira Guerra Mundial, estas tendências deram surgimento a uma indústria oligopolística madura, com seus modos característicos de competição e crescimento. A indústria de maquinário havia-se tornado indistinguível de outros setores dominantes da indústria e viu-se impelida pelas mesmas forças na direção da centralização do capital. As origens da John Deere e da International Harvester Company podem ser buscadas de modo semelhante na subordinação de um processo recebido de trabalho artesanal às relações e às forças de produção capitalistas. A diferença significativa é que estes capitais apenas se aproximaram de um segmento parcial de um processo extenso (rural) de produção.

**Novas bases energéticas do processo rural de trabalho**

Talvez a indicação mais marcante da diferença entre as atividades rurais e industriais é o desenvolvimento contrastante de sua base energética no século XIX. Enquanto a máquina a vapor fornecia a força motriz no setor manufatureiro, a mecanização da agricultura continuava a utilizar a energia do cavalo ou da mula. Na manufatura, a "natureza" é decomposta por processamento e introduzida na máquina como um insumo de

matéria-prima que pode, então, ser adaptada à velocidade de produção da máquina. Em contraste com isto, a natureza, na produção agrícola, não pode ser reduzida a um insumo; na verdade ela é a própria "fábrica". Conseqüentemente, em vez de reestruturar o processo de produção, a mecanização efetivamente representou um implemento adaptado às características espaciais e temporais da agricultura. Ao contrário da revolução copernicana do setor manufatureiro, onde a natureza é forçada a circular em torno da máquina, na agricultura a natureza mantém sua 'predominância e é a máquina que deve circular.

Não é por acaso, portanto, que a única atividade onde o motor a vapor foi aplicado com sucesso foi a debulha, precisamente porque ela age sobre o *produto* agrícola e não sobre o processo de produção[11]. Mesmo na debulha a máquina a vapor não chegou a substituir de modo pleno as máquinas puxadas por cavalos antes que fossem ambos superados pelo motor de combustão interna e por máquinas elétricas[12]. Foram feitas tentativas de usar motores a vapor para mover colhedeiras mecânicas na década de 1880, mas os verdadeiros avanços somente vieram com a introdução do motor de combustão interna nos anos imediatamente seguintes à Primeira Guerra. Nas décadas de 1920 e 1930, a difusão das colhedeiras mecânicas combinadas (ceifadeira e debulhadora) movidas por motores a gasolina acelerou-se, gradualmente substituindo a máquina debulhadora estacionária e a enfardadora de cereais na colheita dos pequenos grãos. (Rasmussen, 1982)[13].

O primeiro trator automático movido a gasolina foi construído em 1892 por John Froelich, em Iowa, mas sua aceitação foi lenta e havia apenas 10 mil tratores em fazendas americanas por volta de 1910. As vendas aumentaram rapidamente logo em seguida à introdução do "Fordson" fabricado por Henry Ford em 1917 e que representou cerca de 75% das 158.000 unidades vendidas em 1925 (Kudrle, 1975). Este modelo, entretanto, se restringia ao processo de aradura, e o sucesso do "Farmall" lançado em 1925 pela International Harvester, apropriado para todos os tipos de trabalho no campo (particularmente para o cultivo em fileiras), levou à retirada de Ford, temporariamente, do mercado americano de tratores em 1928. Outros grandes produtores de tratores eram John Deere; Allis-Chahners e Heinrich Lanz de Mannheim. De acordo com Kudrle (1975), o aperfeiçoamento mais revolucionário na tecnologia dos tratores anterior à Grande Guerra

foi o sistema de Ferguson, introduzido no mercado americano em 1939 através de um acordo de produção com Ford.

> O sistema de Ferguson com um engate especial para o controle hidráulico automático dos implementos integrahnente acoplados é provavelmente o único "salto qualitativo" identificável no desenvolvimento técnico do trator que, no geral, apresentou uma evolução gradual que dependia, em grande medida, da adaptação de aperfeiçoamentos realizados na indústria automobilística e nas indústrias que a abasteciam (Kudrle, 1975: p. 51).

A inovação essencial do sistema de controle hidráulico de Ferguson foi dotar os tratores pequenos e leves de mais estabilidade e maior tração.

Os desenvolvimentos do pós-guerra na tecnologia do trator foram relativamente secundários, concentrando-se na extensão dos "extras" e "opcionais" disponíveis, tais como o tamanho e o tipo do motor, tração nas quatro rodas e direção hidráulica. Kudrle (1975: p. 53) observa uma convergência surpreendente entre o desenho do trator e as linhas do produto por volta do início da década de 1960, quando "...os diversos aspectos eram, de modo notável, semelhantes, desde a configuração, o desenho do motor, até o sistema hidráulico." Esta base tecnológica estática é uma das principais explicações para as graves dificuldades experimentadas pelas maiores firmas deste ramo industrial, tais como John Deere, Massey Ferguson e International Harvester, após a crise da OPEC de 1973 e a recessão mundial que se seguiu. Estas dificuldades continuaram durante a década de 1980, provocando uma reorganização drástica, com fechamentos de fábricas e tentativas de fusão, à medida que os fabricantes se ajustam ao que parece ser agora uma contração permanente no tamanho do mercado na América do Norte e Europa[14].

Embora a transição da energia animal para a energia mecânica e elétrica tivesse sido prolongada e somente se tivesse completado nos Estados Unidos sob o estímulo da Segunda Guerra Mundial, ela estabeleceu uma base estratégica comum para o processo rural de trabalho e a indústria urbana[15]. Em suma, o cavalo e suas fontes "naturais" de energia, representadas pelas forragens e pastos, foram substituídos por produtos industriais: o trator, o motor a gasolina e o motor elétrico[16]. Esta revolução nas fontes e na utilização da energia nas fazendas marca o fim do que poderia ser denominado a fase "mecânica" da apropriação industrial do processo de produção agrícola. A base biológica deste processo gradualmente assumiu a primazia como foco de apropriação e como centro dinâmico da

inovação agrícola, como veremos abaixo.

**Outras características da apropriação do trabalho**

A apropriação industrial do processo rural de trabalho normalmente restringiu-se apenas aos instrumentos de produção, embora com a hibridização das safras, como veremos, passou a ocorrer uma convergência cada vez maior entre as inovações mecânicas e químicas. As apropriações sucessivas da energia manual e animal, representadas pelas máquinas e tratores puxados por cavalos ou mulas, podem ser vistas como tentativas de se aplicar instrumentos mecânicos e novas fontes de energia a um imutável processo de produção baseado na terra. A base material da produção, a terra e a natureza, não foi revolucionada pela mecanização. Com efeito, tudo o que se exigia eram ajustes secundários, tais como a remoção de tocos de árvores e pedras, drenagem e nivelamento do terreno. As limitações da apropriação industrial podem ser vistas na impossibilidade de eliminação da terra, enquanto espaço, no cultivo de safras agrícolas. De fato, a característica principal da mecanização agrícola - sua mobilidade é determinada precisamente pela extensão espacial da produção dependente da terra. Este aspecto, por sua vez, restringiu a primeira fase da mecanização agrícola às fontes pré-industrais de força e de energia. Os capitais industriais viram-se forçados a se ajustar aos parâmetros espaciais fixos da produção agrícola e por isto foram incapazes de utilizar as fontes de energia típica da indústria do século XIX: o vapor e a eletricidade. O caso da debulhadora movida a vapor é instrutivo a este respeito. Nesta fase o grão perdeu as especificações espaciais da agricultura e tornou-se um simples insumo para uma máquina, conformando-se de mais perto ao padrão clássico de produção de máquinas.

A difusão do trator também reflete a incapacidade de se concentrar o meio de produção básico - a terra. Seu principal atrativo é a mobilidade e, uma vez desenvolvidos os aperfeiçoamentos, os sistemas de autopropulsão, seu potencial como uma fonte móvel de energia serve para puxar maquinário acoplado (Bogue, 1983). O impacto da mecanização, deste modo, se fez sentir principalmente na velocidade e na organização interna do processo rural de trabalho, reduzindo as necessidades absolutas de mão-de-obra (especialmente na colheita) e gerando ganhos substanciais na produtiva do trabalho no in-

terior de cada unidade agrícola. Entretanto, o fato de que as mudanças no rendimento por acre foram uma fonte desprezível, se não negativa, do crescimento da produção antes de 1930, sublinha a subordinação continuada aos meios de produção natural, não reproduzíveis.

Esta subordinação também revelou a incapacidade do processo de mecanização de transformar a natureza ou a terra concebidas na sua dimensão temporal. Isto é, os ritmos biológicos da produção agrícola e as descontinuidades criadas por estes entre o tempo de trabalho e o tempo de produção biologicamente determinado[17]. Por si só a mecanização exacerba estas descontinuidades ao aumentar a velocidade com que operações individuais do processo de trabalho podem ser realizadas, tal como se observa no declínio rápido e continuado das horas-homem por acre[18]. Isto nos recorda, entretanto, que o processo de mecanização está na raiz das principais transformações das estruturas sociais rurais nos países industriais avançados. Tomando os Estados Unidos como exemplo mais destacado, as necessidades declinantes de mão-de-obra na agricultura podem ser percebidas pela enorme queda no número absoluto da população rural em 24 milhões entre 1920 e 1980 e a redução do emprego agrícola total de 7,1 milhões para 3,3 milhões nos anos 1950-79 (USDA, 1981; Tosterud e Jahr, 1982). Embora não seja o único, a mecanização tem sido o fator-chave no firme conhecimento do tamanho médio das unidades agrícolas e na conseqüente concentração da produção. O tamanho médio das unidades agrícolas nos Estados Unidos subiu de 139 para 393 acres nos anos de 1910 a 1976 (Paarlberg, 1980), e o número de unidades agrícolas caiu acentuadamente de 6,8 milhões em 1935 para 2,4 milhões em 1980. Estas tendências serão consideradas pormenorizadamente no Capítulo 4.

Finalmente, é importante destacar as dimensões de mercado da apropriação industrial representadas pela mecanização com base no motor de combustão interna. No caso dos tratores, por exemplo, o número em uso nas fazendas americanas subiu de 240 mil em 1920 para 1,6 milhão em 1940,3,4 milhões em 1950 e alcançou o pico de 4,9 milhões em 1965, antes de declinar ligeiramente para 4,4 milhões em 1975 (Cochrane, 1979). No entanto, a quantidade de potência disponível de tratores continuou a subir no período 1965-75, uma vez que o tamanho médio dos tratores aumentou. Padrões de crescimento semelhantes, que implicavam em oportunidades correspondentes de acumulação para os

capitais industriais, caracterizaram outras categorias de maquinário agrícola, tais como máquinas combinadas de ceifar e debulhar grãos, colhedoras de milho e colheitadeiras forrageiras (ib.).

## A APROPRIAÇÃO INDUSTRIAL DO PROCESSO NATURAL DE PRODUÇAO

### A fase pré-industrial

Na Europa Ocidental no século XVIII e início do século XIX, o crescimento populacional e a urbanização intensificaram as pressões de demanda sobre a base agrícola de recursos, dando maior alento às mudanças pré-industriais já em andamento nas safras e na criação de animais domésticos. Mudanças pré-industriais no sentido de que elas pouco deviam à apropriação industrial e aos insumos e instrumentos de produção manufaturados. A "nova criação de animais domésticos" transformou as práticas existentes ao introduzir um sistema diversificado de rotação de culturas, mais intensivo quanto ao uso de terra, que ocasionou tanto um aumento no rendimento dos grãos quanto maior capacidade relativamente ao número de animais de criação. O novo sistema de rotação baseava-se no cultivo arável de forragens leguminosas e de variedades de raiz grossa de plantas tradicionais, tais como a beterraba-forraginosa, o nabo e a rutabaga (Dovring, 1966). Estas culturas reduziram a extensão de terras obrigatoriamente alqueivadas, liberando terra para o cultivo e fornecendo pasto e forragem invernal para números crescentes de animais de criação. A fertilidade do solo, concomitantemente, renovou-se graças às propriedades de retenção do nitrogênio derivadas das culturas das ervas forrageiras tais como o trifólio, a alfafa e outras variedades de feno[1], e ao aumento da quantidade disponível de esterco animal[19]. Tal como Thompson (1968: p. 63) observa, "O conceito da fazenda mista, ponta-de-lança desta revolução, foi essencialmente o conceito de *uma unidade de produção auto-suficiente" (ênfase* nosso).

---

[1] No original *sainfoin* (de *sain,* saudável, são, *efoin,* feno): erva forrageira leguminosa eurasiana perene, de flores rosadas *(Onobrycbis viciaefolia);* refere-se, também, a qualquer uma de diversas variedades de leguminosas do Novo Mundo.

O crescimento dos rebanhos foi vital para o novo processo de produção de grãos e implicou em pesadas demandas sobre o capital de investimento de todo inovador em perspectiva. "Na agricultura anterior ao capitalismo e à mecanização, os animais de criação constituíam o componente crítico do estoque de capital" (O'Brien, 1977: p. 169). Antes do declínio nos preços relativos dos grãos após 1850, especialmente do trigo, foram os incrementos nos rendimentos dos grãos obtidos através de aplicações ampliadas de adubos orgânicos, mais do que os preços dos animais, que se constituíram na principal causa da extensão da agricultura mista Gones, 1974). Do ponto de vista do apropriacionismo, o significado desses sistemas, cujo exemplo ideal é a rotação quádrupla e a produção intensiva de animais de criação de Norfolk, é que eles representaram uma solução, na maior parte, interna, para a renovação dos meios de produção.

Esta discussão destaca o caráter auto-suficiente, integrado, do processo de produção agrícola no período inicial do capitalismo industrial. "O ciclo de produção da unidade agrícola mista era... um circuito fechado, e disto derivava toda sua beleza e simetria" (Thompson, 1968: p. 64). Entretanto, esta simetria iria revelar sua fraqueza estrutural em seguida à unificação mundial dos mercados de grãos e à competição imposta pelos produtores de monoculturas do Novo Mundo, enquanto o "circuito fechado" da produção desintegrou-se gradativamente após 1815 à medida em que crescia a demanda de dois insumos produzidos externamente à unidade agrícola: forragem animal processada industrialmente e fertilizantes.

**Apropriação industrial da oferta de nutrientes agrícolas**

Depois das guerras napoleônicas o "quadro de auto-suficiência das unidades agrícolas", pintado por Thompson (1968) para descrever a nova criação de animais domésticos do século XVIII, começou rapidamente a esvaecer. A agricultura britânica experimentou uma "segunda" Revolução Agrícola entre as décadas de 1820 e 70 quando se estabeleceram direções no processo de apropriação industrial que permanecem ainda centrais em nossos dias. Aqui examinamos a introdução de forragem animal industrialmente processada e o crescimento da indústria de fertilizantes inorgânicos, que culminou na síntese da amônia.

***Torta de sementes oleaginosas e fertilizantes***

Desde o início do século XIX, os sistemas mistos de agricultura nas planícies britânicas desenvolveram práticas de produção de culturas aráveis e de criação de animais mais intensivas e de alta produtividade, conhecidas como *"alta agricultura" (high farming)*[20]. A maior intensidade da "alta agricultura", que Jones (1974) seguindo a Pusey prefere denominar "alta alimentação" *(high feeding),* foi alcançada através da suplementação da produção, interna à unidade agrícola, de culturas forrageiras e adubo orgânico, por compras externas de tortas de sementes oleaginosas e fertilizantes. "Quanto maior a escala de alimentação com forragem produzida e comprada na unidade agrícola e quanto mais intensas as aplicações do fertilizantes prouzidos e comprados na unidade, tanto maior o produto disponível para venda e o adubo para a próxima rodada do cultivo, isto é, tanto mais alta a agricultura" (Jones, 1974: p. 193). Pelo menos até o final da década de 1850, quando importações regulares de trigo começaram a aparecer numa escala substancial, "o incremento no rendimento dos grãos era tido como a *razão do ser* de tais sistemas" (ib.: p. 193).

O gado passou a ser alimentado com torta de sementes oleaginosas, numa escala em rápida expansão, após 1815 com a produção doméstica feita de sementes importadas subindo de 23.000 toneladas para 190.000t em 1856. As importações de tortas também cresceram muito, com o consumo anual alcançando a média de 775.000t por volta de fins da década de 1880[21]. Thompson (1968) diz que estes gastos eram feitos principalmente para aumentar o rendimento das safras, particularmente dos cereais. "Era principalmente quanto à sua contribuição para a produção de esterco, pelo menos até a década de 1860), que as tortas eram positivamente avaliadas" (ib.: p. 68). A demanda agrícola transformou, assim, as sementes oleaginosas, de um elemento descartado, em um importante produto derivado da extração industrial de óleos da linhaça, da semente de colga e, a partir da década de 60, da semente de algodão. Esta demanda, por sua vez, sustentou a consolidação de um amplo setor industrial hidráulico de esmagamento de sementes, com moinhos localizados principalmente em Hull e Londres.

Os desembolsos com fertilizantes externos à unidade agrícola aumentaram de modo significativo no início do século XIX, com os adubos ósseos sendo favorecidos como fonte

de fosfato e nitrogênio até que as importações de guano emergiram como alternativa competitiva na década de 40[22]. Os depósitos domésticos de coprólitos forneceram suprimentos comerciais de superfosfatos antes que as importações mais baratas de rocha fosfática começassem na década de 1870. Um dos fundadores da indústria de fertilizantes, John Bennett Lawes, estava entre os primeiros a reconhecerem as oportunidades industriais apresentadas pela incipiente ciência da química agrícola. Lawes patenteou um processo para produzir superfosfato através do tratamento dos coprólitos encontrados no solo com vitríolo e em 1843 ele abriu sua fábrica em Deptfort[23]. Seis fábricas de superfosfatos estavam em funcionamento na Inglaterra na década de 1850, e a produção subiu de 21.000t em 1868-71 para 500.000t em 1887-91 usando rocha fosfática importada. Grandes quantidades de ácido sulfúrico são utilizadas na produção de superfosfatos, e na virada do século a indústria de fertilizantes já havia tomado o lugar dos produtores de barrilha de Leblanc como os principais consumidores da indústria química[24]. A indústria britânica também dependia das importações para outros nutrientes agrícolas e na década de 1860 o nitrato de sódio, oriundo do Chile, gradualmente veio a substituir o guano como o principal fertilizante nitrogenado. Entretanto, a produção de sulfato de amônia a partir dos dejetos das minas de gás já estava assumindo importância na década de 1870. As importações do terceiro mais importante nutriente agrícola, a potassa, das minas de Stassfurt também começaram a expandir-se nesse período, alcançando 30.000t em 1890.

Thompson (1968) estima que a tonelagem de forragem adquirida decuplicou no período 1830-1880 enquanto que a de fertilizantes cresceu quase trinta vezes; tanto a tonelagem da forragem quanto a dos fertilizantes dobraram entre 1864-77. Os gastos anuais com os insumos adquiridos alcançaram a média de 3 milhões de libras em fins da década de 1830, 10 milhões na década de 50 e 25 milhões no início da década de 80 (ib.: p. 71). A indústria, claramente, tinha dado o primeiro passo decisivo no sentido de suplementar as fontes naturais, biológicas, dos nutrientes agrícolas e das forragens, introduzindo insumos industrialmente processados no sistema de produção caracterizado, até então, por seu "circuito fechado".

No caso dos fertilizantes industriais, esta espécie de cabeça-de-ponte econômica foi acompanhada pela penetração no interior dos ciclos fechados que governam a oferta de

nutrientes agrícolas e por seu deslocamento parcial. O processo de produção agrícola foi liberado de sua exclusiva dependência com relação às matérias orgânicas e aos ciclos naturais de renovação da fertilidade, temporalmente fixos. "A maior parte dos solos contém grandes reservas de N (nitrogênio) mas ele se encontra combinado com matéria orgânica e só é liberado lentamente pela atividade microbiana" (Cooke, 1982: p. 469). Aplicações do fertilizante industrial N tornaram possível não só restaurar a fertilidade do solo mais rapidamente que por meios naturais, como também permitiram aumentar a disponibilidade natural de N derivada da matéria orgânica e das chuvas, ocasionando melhoras no rendimento das safras e na intensidade de produção.

A agricultura britânica, deste modo, emergiu desta segunda revolução agrícola como um setor quantitativamente significativo do processo de acumulação, para capitais industriais e comerciais determinados. Como vimos, estas crescentes aquisições de insumos foram de grande importância na expansão ininterrupta da indústria química pesada. Este desenvolvimento, que havia recebido seu impulso inicial por meio da bem-sucedida substituição das fontes animais e vegetais de detergentes, alvejantes e tinturas para tecidos, prenunciou a posição da indústria química na unificação dos processos de apropriacionismo e substitucionismo e no domínio de suas fases ulteriores[25].

***Controle industrial da economia do nitrogênio: a síntese da amônia***

Tal como ocorrido nas operações de acabamento da indústria têxtil, a transição da matéria-prima vegetal para mineral simultaneamente afrouxou as limitações do lado da oferta e criou mercados para novos produtos: os fertilizantes industrialmente processados. Os depósitos minerais prestavam-se mais facilmente ao controle capitalista e à transformação industrial, ao mesmo tempo que o ácido sulfúrico e o sulfato de amônia já eram obtidos por processos estabelecidos de produção industrial. As décadas próximas à virada do século testemunharam uma notável expansão da produção industrial de superfosfatos por toda a Europa Ocidental e América do Norte. Entretanto, a expressão definitiva desta tendência na direção dos fertilizantes processados é a síntese da amônia e o desenvolvimento de um processo industrial eficiente de fixar o nitrogênio.

Esta inovação, que criou um novo grande setor industrial no período entre as duas

guerras mundiais, representa um avanço revolucionário na apropriação industrial dos ciclos naturais da produção agrícola. Com as ofertas virtualmente ilimitadas de fertilizante nitrogenado, a renovação da base material da produção podia ser acelerada e sua produtividade intensificada[26]. A síntese da amônia é a culminância de uma longa luta para pôr o lado da oferta na "economia do nitrogênio", o principal de terminante do crescimento das culturas nos sistemas intensivos, sob controle industrial direto[27].

Na década de 1890 os cientistas passaram a preocupar-se, cada vez mais, com o problema da fixação do nitrogênio industrial e expressaram a esperança de que ele resolveria os problemas da escassez de alimentos e da fome (Haber, 1971). Neste ínterim, a produção de superfosfatos continuou a crescer rapidamente usando técnicas simples de esmagamento e composição. Disto resultou que "o fabricante de fertilizantes esteve, por muito tempo, alheio à dinâmica do progresso químico e, mesmo quando realizava operações em grande escala, estas eram quimicamente elementares" (ib.: p. 98). Esta base técnica transformou-se a ponto de se tornar irreconhecível com o advento dos processos industriais de fixar nitrogênio. Estas inovações eram reflexo da emergência de uma nova disciplina - a química física - e do extraordinário progresso da engenharia química.

Antes de 1914, o nitrogênio sintético era produzido comercialmente pelo processo do arco elétrico e, principalmente, pelo processo da cianamida Frank-Caro. Fábricas que adotavam este último se estabeleceram em diversos países europeus e a aquisição dos direitos para a América do Norte levou à formação, em 1907, da American Cyanamide Company. O processo Haber-Bosch de síntese da amônia, patenteado pela Badische Anilin-und Soda-Fabrik (BASF) tomou-se, subseqüentemente, o mais bem-sucedido processo de fixação do nitrogênio, principalmente porque suas necessidades totais de energia por tonelada de nitrogênio eram consideravelmente inferiores às de seus rivais[28]. Sendo o primeiro processo industrial a realizar reações químicas de gases em temperaturas e pressões muito altas, alguns problemas formidáveis de engenharia química tiveram que ser superados. (Reader, 1970; Haber, 1971). A tecnologia avançada das altas pressões e a operação em fluxo contínuo das grandes fábricas, exigidas pelo processo Haber-Bosch, conduziram a produção de fertilizantes à linha de frente da indústria química pesada. Com efeito, Haber (1971: p. 91) considera a difusão de fábricas de amônia sintética como "talvez

o principal aspecto da química industrial no período entre as duas guerras".

A síntese da amônia foi a vanguarda de uma nova onda de progresso técnico na indústria química, representada pelos fertilizantes, pelos plásticos e pelas fibras artificiais, que produzia mudanças estruturais comparáveis com as provocadas na década de 1870 pelo processo Solvay de produção de amônia-soda, pelas invenções de Nobel e pela produção de corantes sintéticos (Reader, 1970). Entretanto, a inesgotável fonte desta nova geração de inovações permaneceu a mesma: "Esta revolução tecnológica derivou, em grande medida, da busca ininterrupta de substitutos sintéticos para as matérias naturais" (ib.: p. 255).

A indústria de amônia sintética expandiu-se extraordinariamente na década de 1920 à medida em que a nova tecnologia tornou-se mais amplamente acessível e outras firmas do setor químico, incluindo a Allied Chemical, desenvolveram seus próprios processos. Entretanto, esta rápida difusão logo criou uma situação de excesso de capacidade, que se tornou crônica na década de 1930. Embora os preços experimentassem uma queda acentuada a partir de meados da década de 1920, as duas principais produtoras de nitrogênio, IG Farbenindustrie e ICI, continuaram a expandir sua capacidade produtiva, e a oferta global inchou ainda mais com a produção de nitrato do Chile e da amônia derivada. Com o *crash* de 1929 a indústria de fertilizante com base no nitrogênio enveredou por um longo período de crise, tendo ocorrido o fechamento de fábricas, subutilização da capacidade instalada e a formação, em 1930, do cartel do nitrogênio, para controlar o mercado mundial (Reader, 1975).

## CIÊNCIA AGRÍCOLA E INOVAÇÃO BIOLÓGICA: NOVAS SEMENTES

Como o caso dos nutrientes agrícolas inorgânicos o demonstra, os capitais industriais exploraram as oportunidades que a criação prática de animais domésticos e os avanços iniciais na ciência dos solos tinham revelado, para se apropriarem de um importante elemento do processo biológico de produção. A transição, em primeiro lugar, das matérias-primas vegetais para as minerais e, em seguida, de modo notável, para a síntese da amônia, indica como esta apropriação foi progressivamente internalizada como um setor de acumulação por parte da indústria química, tornando-se um núcleo importante das atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e absorvendo imensos recursos de

investimentos[29]. Nos casos de novas variedades de cultura, entretanto, embora a pesquisa genética identificasse novas oportunidades de transformar a produção agrícola, inicialmente estas não podiam ser exploradas como inovações industriais de direito exclusivo. No entanto, os rendimentos declinantes das culturas associados com os padrões prevalentes de apropriação deram destaque à necessidade de intervenção nos determinantes biológicos da produtividade agrícola[30]. Portanto, coube ao estado tomar a iniciativa de promover e institucionalizar a atividade de pesquisa nesta área. Disto resultou uma estrutura única de pesquisa agrícola sob auspícios públicos, devotada à inovação biológica e genética.

A divisão do trabalho estabelecida entre pesquisa pública e privada antes de 1914 foi posta em questão pela descoberta das técnicas de hibridização das culturas. Esta invenção constituiu-se na mola propulsora para a apropriação industrial do processo natural de produção. Todos os setores agroindustriais, o de maquinário agrícola, o químico e o de processamento, foram forçados a adaptar suas estratégias de crescimento a fim de incorporar as oportunidades revolucionárias criadas pelas sementes híbridas e pela nova genética das plantas. Embora seja possível identificar trajetórias separadas, a tendência dominante tem sido a convergência das inovações mecânicas, químicas e genéticas para formar um "pacote" tecnológico complementar e de integração crescente, que incorpora tanto o processo de trabalho quanto o processo natural de produção.

Nos parágrafos seguintes, veremos como as novas técnicas de criação de plantas permitiram a completa mecanização do cultivo nas principais espécies de cultura. As inovações genéticas também tornaram possível adaptar as características das diversas culturas para adequá-las às necessidades específicas das indústrias de processamento, como observamos no Capítulo 2. No entanto, é acima de tudo na indústria química que a convergência tecnológica se mostra mais evidente, e os rendimentos mais elevados das culturas cada vez mais dependem das aplicações intensivas de fertilizantes e de produtos químicos para proteção das plantas. Os altos rendimentos e as variedades de culturas positivamente sensíveis ao uso de fertilizantes constituem a inovação central da "Revolução Verde", principal veículo para a transformação da agricultura do Terceiro Mundo por parte dos capitais agroindustriais multinacionais. Mais recentemente, esta integração ao nível da pesquisa entre técnicas genéticas e químicas consolidou-se industrialmente, como

destacamos no Capítulo 3. Assim, as principais corporações químicas têm adquirido firmas produtoras de sementes a fim de manter e fortalecer a aliança simbiótica entre os aperfeiçoamentos biológicos e a apropriação química.

Diversos exemplos ilustram como a apropriação mecânica e as inovações biológicas convergiram para estender o controle sobre o processo rural de trabalho e, assim, criar novas oportunidades de investimento para os setores de equipamento agrícola[31]. No início da década de 1950, o último obstáculo à completa mecanização do cultivo da beterraba era a tarefa de desbastar as plantas mais fracas, impostas pelo uso das sementes de germinação múltipla que produziram um aglomerado de diversas plantas. Este obstáculo foi superado pelo desenvolvimento paralelo de novo maquinário e de sementes de germinação una mais especificamente adaptadas às exigências das operações mecanizadas de desbaste que às manuais. "Hoje, com o plantio preciso de sementes de germinação una e com o uso de um desbastador mecânico, a produção de beterrabas para açúcar nos Estados Unidos está completamente mecanizada. Os produtores se tornaram independentes do trabalho de migrantes" (Rasmussen, 1982: p. 84). Um outro exemplo da convergência entre inovação mecânica e biológica é encontrada na colheita de tomate na Califórnia que até 1964 foi feita manualmente por trabalhadores mexicanos recrutados com base no "Programa Bracero". Esta tarefa foi apropriada industrialmente através da introdução de uma colheitadeira junto com uma nova variedade de tomate que homogeneizou o amadurecimento da planta e que podia resistir à manipulação mecânica. "Em 1963 apenas 1,5 % dos tomates produzidos na Califórnia para a indústria de procesamento foi colhido mecanicamente; por volta de 1968 esta proporção tinha subido para 95% e agora é virtualmente 100%" (ib.: p. 84).

No caso do algodão, a inovação genética tinha um papel talvez ainda mais decisivo no processo de mecanização. Uma eficiente colheitadeira mecânica já estava disponível nos meados da década de 40 mas o seu funcionamento dependia da adaptação da planta, porque o algodão florescia sucessivamente durante várias semanas, impedindo assim uma única colheita. "Mecanização eficiente de algodão exigia modificações na planta para que os casulos brotassem numa altura maior e durante um período menor." Mais ainda, "foram necessários agora produtos químicos para controlar as ervas daninhas e tirar as folhas da planta antes da colheita", como também o trabalho conjunto de "engenheiros e

entomologistas no esforço de desenvolver pesticidas apropriados e assegurar a sua difusão pela plantação de maneira mais eficaz" (ib.: p. 191). Estas mudanças necessárias na melhoria de plantas, no uso de produtos químicos e no manejo agrícola foram levados a frente pelo sistema de pesquisa pública, Em 1946 o Congresso alocou fundos especiais para apoiar um programa de pesquisa conhecido como o Projeto Nacional de Mecanização de Algodão. Vinte anos mais tarde a mecanização do algodão estava bem difundida e avançou ainda mais depois da introdução de herbicidas, inseticidas e fungicidas. (Fite, 1980).

Neste caso como em outros, a inovação biológica foi acompanhada não apenas por um aumento de mecanização, mas também pelo uso mais intensivo de fertilizantes e agroquímicos, apontando para a complementaridade entre as distintas linhas de apropriação industrial que compõem este pacote[32]. As origens científicas desta convergência tecnológica devem ser buscadas na transformação da biologia e no crescimento vigoroso da teoria genética mendeliana no início do século XX (Allen, 1978). O florescimento desta pesquisa genética estabeleceu a base teórica das técnicas de melhoria vegetal utilizadas no desenvolvimento e na ampla difusão de variedades de milho híbrido nos anos 30, de alto rendimento, sensíveis ao uso de fertilizantes e adaptadas à colheita mecânica. Subseqüentemente, a pesquisa genética consolidou ainda mais o seu papel de pivô na inovação agrícola: a semente se tornou o portador do progresso técnico na biologia de plantas que, refortalecida pelos novos avanços na bioquímica e genética molecular durante os anos 50 e 60, se confirmou como o foco privilegiado de apropriação industrial[33]. De fato, a seleção de variedades e linhagens é tão antiga como a própria agricultura. Estes métodos foram sistematizados durante o longo período da primeira Revolução Agrícola, mas naquela época faltaram mecanismos adequados para controlar a difusão de linhas biológicas melhoradas e os ganhos de produtividade daí decorrentes. Como veremos abaixo, estes mecanismos foram alcançados com base nas técnicas de hibridização, aproveitando avanços na biologia e genética mendeliana[34].

Na ausência de um mecanismo adequado de apropriação que permitisse direitos de propriedade por parte do capital industrial, deixou-se quase exclusivamente para o Estado o incentivo da ciência agrícola em seus anos de formação. A Alemanha estabeleceu as primeiras estações de experiência agrícola na década de 1850, mas "o desenvolvimento da

pesquisa agrícola em grande escala, com financiamento governamental, parece ter sido basicamente um fenômeno americano" (Rossiter, 1979: 242)[35]. As pressões a favor de uma rede nacional de estações agrícolas experimentais estavam freqüentemente associadas nos Estados Unidos com demandas por instituições de ensino superior devotadas à agricultura, e diversas faculdades estaduais foram estabelecidas na década de 1850 antes que o *Morrill Act* de 1862 criasse o sistema estadual de faculdades agrícolas com base nas doações de terras[2]. A pesquisa agrícola a nível estadual foi, inicialmente, realizada nos departamentos acadêmicos das novas escolas, o que levou a uma certa confusão entre a pesquisa e os objetivos educacionais mais amplos. Tal confusão não foi inteiramente desfeita pelo *Hatch Act* de 1887. Esta lei forneceu fundos federais para estações agrícolas experimentais, mas o comprometimento institucional firme com os serviços de extensão e com as atividades promocionais alcançou prioridade sobre a pesquisa científica básica (Rosenberg, 1977)[36]. Esta situação foi parcialmente corrigi da pelo *Adams Act* de 1906, que dobrou o nível federal de financiamento dado às estações experimentais e destinou estes recursos adicionais para a "pesquisa original". Gradualmente desenvolveu-se uma divisão do trabalho entre ciência básica e pesquisa aplicada no interior do sistema de estações experimentais e de faculdades agrícolas e o *Smith-Weaver Act* de 1914 veio a racionalizar ainda mais esta estrutura institucional ao alocar muitas das funções de aconselhamento e educação desempenhadas pelas estações experimentais para os *Serviços Cooperativos de Extensão* (Cooperative Extension Services).

Foi no interior deste quadro geral de pesquisa agrícola sob financiamento público que, apesar de todos os seus problemas iniciais, os "fundamentos da moderna teoria genética começaram a se formar" (Parker e Decanio, 1982: p. 652). Para estes autores "foi apenas em fins da década de 1930 que os pesados investimentos... que haviam criado as modernas instituições de pesquisa agrícola, começaram a render frutos" (ib)[37]. É para estes "frutos", na hibridização do milho e na subseqüente extensão destas técnicas biológicas à agricultura tropical e subtropical - a chamada "Revolução Verde" - que nos voltamos agora.

---

B Em inglês, *"state land-grant college system"*: designa um sistema de escolas de nível superior ou de universidades que receberam, originalmente, concessões federais de terras sob a condição de oferecer cursos na área da agricultura e das artes mecânicas. Atualmente são custeadas pelos governos estaduais embora recebam fundos suplementares do governo federal. (N. do T.)

***Semente híbrida de milho e a nova tecnologia "genérico-química"***

Em recente trabalho, Bogue (1983) história o esforço acumulado de pesquisa que conduziu ao desenvolvimento da semente híbrida de milho, começando com a observação empírica relativa ao vigor dos híbridos, ou heterose, e com a técnica de hibridização inventada por W. J. Beal em fins da década de 1870[38]. Por volta de 1915, George H. Schull, trabalhando na Carnegie Corporation, organização privada de Nova York, dependente de doações filantrópicas, alcançou compreensão teórica do efeito da heterose e demonstrou que os "rebentos híbridos das linhas de milho internamente cruzadas eram notavelmente mais produtivas que as cepas de origem". Entretanto, "parecia, inicialmente, impossível produzir quantidades adequadas de semente a partir das debilitadas linhas originais de cruzamento interno" (ib.: pp. 10-11). Este obstáculo à produção de semente híbrida de milho em escala comercial foi superado antes de 1920 pelas pesquisas efetuadas na estação experimental agrícola do Estado de Connecticut, onde Donald F. Jones cruzou dois únicos híbridos cruzados, ou de primeira geração, e "produziu o mais famoso cruzamento duplo na história agrícola, o híbrido Bur-Leaming, que superou a produtividade das melhores variedades de milho de polinização aberta... em cerca de 20%" (ib.: p.11).

As inovações subseqüentes na semente híbrida de milho concentraram-se na seleção de variedades adaptadas às condições muito específicas do *Corn Belt* do Meio-Oeste americano e de seus ecossistemas sub-regionais. Este trabalho foi inicialmente empreendido num programa conjunto de criadores de plantas, nos níveis federal e estadual. "Quando os botânicos do Meio-Oeste se convenceram de que possuíam híbridos produtivos, eles puseram as sementes de linhas de cruzamento interno à disposição dos produtores participantes de sementes e dos fazendeiros a custos mínimos" (ib.: p.12). Bogue nota que em Iowa a proporção das terras plantadas com a semente híbrida saltou de 14% em 1936 para 52% em 1938.

Estas relações institucionais generosas forneceram um pano de fundo atraente, mas dois fatores foram absolutamente críticos para a apropriação industrial deste avanço considerável na criação de plantas. Em primeiro lugar, a técnica de hibridização de cruzamento duplo que tornou possível a produção comercial de sementes e, em segundo, o fato de que a maioria das variedades de milho híbrido é "específica para o local" a que se

destina. Isto se deve principalmente à "sensibilidade das variedades à temperatura e ao tempo de exposição à luz" (a floração depende da extensão do dia), e "outros fatores ecológicos, tais como a precipitação pluviométrica e a presença de germes patogênicos" (Hayami e Ruttan, 1971: pp. 147-8). Estas limitações ambientais sobre as variedades híbridas individuais exerceram uma profunda influência sobre o processo de difusão: "o desenvolvimento do milho híbrido representa, portanto, a invenção de um método de inventar variedades adaptadas a cada região específica de plantio e não apenas a invenção inicial através dos processos correntes de comercialização e de disseminação do aprendizado" (ib.: p 148).

As limitações biológicas da especialidade das variedades e o baixo rendimento da descendência do milho de cruzamento duplo criou, assim, as condições necessárias para a apropriação privada. Ao contrário das variedades de polinização aberta, a nova semente tinha que ser comprada a cada ano, enquanto os capitais privados sentiram-se atraídos pelas perspectivas de lucros monopolísticos que poderiam advir das sementes híbridas criadas para sistemas ambientais regionais específicos. Tal como ocorrera anteriormente em variedades de plantas aperfeiçoadas, a inovação biológica era comercializada através da semente, mas a hibridização oferecia aos capitais privados um controle muito maior sobre a distribuição dos ganhos de produtividade[39]. Com efeito, "a possibilidade de apropriação privada das linhas superiores de cruzamento interno assegurava proteção à firma inovadora, semelhante à proteção que o sistema de patentes fornecia às invenções mecânicas" (ib.: p. 148)[40].

A legislação de proteção aos direitos dos criadores de plantas, aprovada em 1970, fortaleceu estas salvaguardas, mas é certo que a hibridização, por si só, constituiu-se num forte incentivo para a entrada neste ramo industrial. É assim que, "por volta de meados da década de 1950, o *setor privado se havia tornado a fonte principal de pesquisas do novo milho híbrido,* embora as linhas de cruzamento interno liberadas pelas estações experimentais continuassem a ser de grande importância para a indústria de sementes híbridas" (ib.: p. 148, grifo nosso).

Um trabalho recente de Kloppenburg (1984) dá razões mais precisas para esta transformação no equilíbrio das fontes de pesquisa, explicando que as técnicas de

hibridização, juntamente com o sistema público de pesquisas, haviam inicialmente favorecido a emergência de muitos pequenos produtores de sementes comerciais.

> Anteriormente ao desenvolvimento do milho híbrido, a indústria privada de sementes era pouco mais que um negociante das variedades 'criadas em escola', desenvolvidas pelas instituições públicas de pesquisa agrícola. Uma vez que a semente das variedades de polinização aberta podia ser poupada e replantada... os preços comerciais das sementes não podia desviar-se dos preços alcançados pelo volume dos grãos e havia pouco incentivo para a pesquisa privada (Kloppenburg, 1984: p. 297).

A hibridização transformou esta situação e dezenas de firmas, incluindo os líderes deste setor industrial, Pioneer Hi-bred e De Kalb, se estabeleceram nas décadas de 1920 e 1930. Entretanto, era fácil penetrar neste novo ramo industrial e as estações experimentais até treinavam os agricultores na produção de sementes híbridas, em pequena escala. O verdadeiro obstáculo à maior concentração industrial era o sistema público de pesquisas de cujos esforços os produtores de sementes híbridas, em pequena escala, dependiam "tanto no desenvolvimento de variedades comerciais adequadas quanto no suprimento das linhas originais de cruzamento interno para estas variedades" (ib.: p. 301). As maiores companhias de sementes foram bem-sucedidas na articulação de seus interesses e na demanda para que a pesquisa pública se afastasse do desenvolvimento de linhas comerciais de milho, minando, deste modo, os pequenos produtores e fazendo com que os gastos com pesquisa e desenvolvimento científico se tornassem uma eficiente barreira à penetração deste setor industrial.

> Assim, a pesquisa agrícola financiada com recursos públicos acabou subsidiando e servindo, de modo eficaz, a indústria privada. As sementes híbridas desenvolvidas em instituições públicas ainda eram usadas em 72 % das linhas híbridas comerciais em 1979. O desenvolvimento do milho híbrido e a castração dos programas públicos de pesquisa na área criaram um importante espaço novo para a acumulação do capital. A indústria americana de sementes deve sua existência à criação do milho híbrido (que) ainda se constitui como centro vital da indústria de sementes, representando quase a metade dos 4 bilhões de dólares em vendas de sementes que as companhias americanas realizaram em 1981 (Kloppenburg, 1984: pp. 301-2).

A nova técnica de hibridização foi rapidamente incorporada às estratégias mecânicas e químicas de apropriação. Na produção de milho, por exemplo, as condições técnicas para a colheita mecânica foram estabelecidas em meados da década de 1920 em seguida à introdução dos tratores de múltipla utilização dotados de montagens de rodas

adequadas para o cultivo em fileiras e potência suficiente para mover máquinas (Bogue, 1983). Os colhedores mecânicos de milho, bem desenhados, adaptados para o trabalho simultâneo em duas fileiras, apareceram na década seguinte, mas não eram "eficientes em termos de custos para alguns fazendeiros do Meio-Oeste até que o milho híbrido minimizou a perda de grãos ocasionada pela colheita mecânica" (ib.: p. 21). Este resultado se deveu à criação de variedades híbridas bastante resistentes para vencer a tendência ao despencamento do talo, que produziam espigas a uma altura uniforme e que amadureciam ao mesmo tempo.

As novas variedades de milho híbrido contribuíram de modo significativo para interromper a longa tendência declinante no rendimento por acre de terra arável que havia caracterizado a agricultura americana no período 1880-1920. Esta reversão, juntamente com um aumento médio no rendimento de 2,1% ao ano entre 1940 e 1960, foi acompanhada por um notável aumento no consumo de fertilizantes[41]. Como vimos antes, a difusão da síntese da amônia em fins da década de 1920 levou a um substancial excesso de capacidade na indústria de fertilizantes à base de nitrogênio, acentuando a tendência declinante no preço real dos fertilizantes inorgânicos, que continuou virtualmente sem interrupção até o início da década de 1970 (Johnston e Kilby, 1975). O papel catalisador das variedades de milho híbrido na expansão dos mercados para os fertilizantes e os produtos químicos para proteção das plantas é enfaticamente reconhecido por Hayami e Ruttan:

> Anteriormente à introdução de milho híbrido, os intensos esforços para induzir os fazendeiros a usar fertilizantes e práticas avançadas de gerenciamento foram relativamente malsucedidos. O trabalho recente de aperfeiçoamento do milho tem sido dirigido para o desenvolvimento de variedades cada vez mais eficientes em conversão de energia e nutrientes. Os níveis mais altos de adubação ( ..) não teriam sido lucrativos não fossem os aperfeiçoamentos das variedades, e os tetos mais elevados de rendimento associados com as sementes híbridas melhoradas tornaram lucrativo o desenvolvimento e a adoção de materiais e práticas mais eficazes na proteção das plantas (Hayami e Ruttan, 1971: p. 149, nosso grifo).42

As vendas dos agroquímicos e das sementes também foram diretamente estimuladas pelos programas de criação de plantas destinados explicitamente ao desenvolvimento de variedades híbridas adaptadas a uma maior concentração de plantas na área de cultivo. Desde meados da década de 1930, a taxa de plantio para o milho subiu de 12.000 para

24.000 sementes por acre em 1978, "dobrando, assim, o volume de vendas de sementes. As maiores concentrações de plantas na área de cultivo estavam sujeitas ao aumento dos insetos, doenças e ervas daninhas, o que, por sua vez, estimulou o uso de inseticidas, herbicidas e fungicidas. A produção de milho responde agora por um terço das vendas de herbicidas nos Estados Unidos e um quarto do mercado de inseticidas" (Kloppenburg, 1984: p. 303).

Assim, o milho híbrido foi instrumentado na convergência dos setores de equipamento agrícola e agroquímico, marcando um novo limiar no processo de apropriação industrial. Esta convergência, que recebeu impulso novo advindo das inovações genéticas das culturas, estabeleceu o padrão para os "pacotes" tecnológicos associados, mais tarde, com a industrialização das operações agrícolas no Terceiro Mundo.

A revolução das sementes e fertilizantes que se pode testemunhar no *Corn Belt* teve uma contrapartida tropical precoce em Taiwan, onde a administração colonial japonesa depois de 1900 desenvolveu cepas de arroz positivamente sensíveis ao uso de fertilizantes, conhecidas como variedades *pontai* (Hayami e Ruttan, 1971).[43] "Um elemento essencial na estratégia de criação das variedades *pontai* era a incorporação da capacidade genética de responder positivamente a níveis mais elevados de adubação" (ib.: p. 53). Estas novas variedades, amplamente difundidas na década de 1930, possuíam a vantagem adicional de maturação rápida, o que tornou possível a obtenção de três ou quatro safras num único ano (Pearse, 1980). As pesquisas foram retomadas depois da guerra e as cepas de rendimento superior, positivamente sensíveis à adubação, da variedade *indica* nativa foram cultivadas com sucesso em Taiwan em 1957 e mais tarde se espalharam a outros países asiáticos: "uma variedade *indica* anã foi uma das matrizes da IR-8, a primeira das variedades aperfeiçoadas liberadas pelo Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz" Oohnston e Kilby, 1975: p. 251). Com estes antecedentes na biologia aplicada à criação de plantas, o cenário estava montado para a "modernização" da agricultura do Terceiro Mundo.

### *A Revolução Verde*

A Revolução Verde representa um dos principais esforços para internacionalizar o processo de apropriacionismo. A realização científica decisiva foi a difusão das técnicas de

criação de plantas, desenvolvidas na agricultura de clima temperado, para o meio ambiente das regiões tropicais e subtropicais. Entretanto, a força que impulsionou este processo se manteve inalterada: controlar e modificar os elementos do processo biológico de produção que determinam o rendimento, a estrutura da planta, a maturação, a absorção de nutrientes e a compatibilidade com os insumos produzidos industrialmente. Como vimos, o conhecimento teórico e prático para esta tarefa já tinha sido estabelecido. Portanto, em grande medida, a Revolução Verde, através da difusão internacional das técnicas da pesquisa agrícola, marca uma maior homogeneização do processo de produção agrícola em torno de um conjunto compartilhado de práticas agronômicas e de insumos industriais genéricos. [44]

Para Pearse (1980: p. 9), "a característica biológica básica das Variedades de Alto Rendimento (VAR)[3] tem sido sua sensibilidade positiva potencial aos nutrientes tanto do solo quanto da ação da luz solar através da fotossíntese". Esta característica exigiu o cruzamento de variedades para se obter uma "nova arquitetura da planta" uma vez que as variedades indígenas tinham uma baixa sensibilidade ao uso de fertilizantes no que diz respeito ao rendimento. O aumento do suprimento de fertilizante produziu, como resultado, uma tendência ao crescimento excessivo dos caules exacerbando as perdas de grãos produzidas por despencamento dos talos e restringindo, assim, os ganhos de produtividade e a lucratividade das aplicações intensivas de fertilizantes Oohnston e Kilby, 1975). Esta restrição à absorção de nutrientes foi superada com o desenvolvimento de variedades anãs de caule curto e palha dura, resistentes o bastante para suportar os aglomerados mais pesados de grãos (panículas) sem despencar e que podem ser colhidas mecanicamente. A eficiência quanto à fotossíntese foi melhorada através da seleção de variedades de folhas curtas e eretas com alta taxa de "rebentação" (isto é, a capacidade de produzir hastes ou caules secundários chamados "rebentos" e de formar panículas ou espigas carregadas de grãos) (Pearse, 1980). Uma vez que "a absorção e utilização de doses muito altas de nitratos exigem maior radiação solar... a maximização da superfície das folhas expostas à luz solar e a disposição das folhas relativamente à trajetória do sol, tornou-se um complemento necessário da aplicação intensiva de fertilizantes. Deste modo uma alta taxa de

---

[3] Em inglês, HYV's (High-Yelding Varieties).

"rebentação" e a tendência das folhas assumirem posição ereta são características importantes das VARs" (ib.: p. 10).

Outras intervenções no processo biológico de produção e incorporadas nas VARs têm como objetivo modificar a extensão e a periodização do tempo de gestação mudando a fotossensibilidade da planta às variações na duração do dia e nas temperaturas sazonais:

> Introduziu-se nas plantas a insensibilidade à luz (non-photosensitivity) de modo que elas maturem num período determinado, imunes às variações anuais do clima ou das variações locais da extensão do dia, especialmente para garantir um ritmo de trabalho que torne possível o cultivo de múltiplas culturas. Entretanto, em outras condições pode ser importante seguir as irregularidades da natureza ...assim a fotossensibilidade pode ser um elemento desejável (Pearse, 1980: p.10).

Estas características das VARs fornecem uma evidência decisiva para aquilo que Yoxen (1981) denominou de "o papel da biologia como uma forma produtiva". Isto serve para lembrar-nos que as inovações biológicas, tal como ocorre com outros avanços tecnológicos, podem ocasionar grandes mudanças no processo de trabalho e nas relações sociais.[45]

As técnicas aperfeiçoadas da biologia aplicada incorporadas nas VAR's alcançaram e produziram um avanço significativo na apropriação industrial do ciclo biológico da planta. Tal como enfatizamos, elas deram um impulso adicional à convergência das principais tendências históricas do apropriacionismo, mas as inovações genéticoquímicas são, agora, de modo evidente, a força mais dinâmica e criadora nesta mais íntima integração com a tecnologia mecânica.

Estas inovações, incorporadas nas sementes industriais, impuseram, efetivamente, mudanças complementares nos processos rurais de trabalho, que os fabricantes de equipamentos agrícolas têm conseguido explorar.[46] Estas mudanças derivadas ou induzi das nas operações de administração das unidades agrícolas incluem a aração em maior profundidade, maior precisão na semeadura e no transplante e uso regular e controlado da água: "o alto rendimento potencial que os grãos podem dar somente se alcança se operações tais como a eliminação de ervas daninhas, a irrigação, a adubação, o transplante e o espaçamento entre as plantas forem todas realizadas de uma maneira especialmente estipulada, que é mais exigente quanto ao trabalho e à acurácia do que a agricultura tradicional" (Pearse, 1980: p. 11).[47] O processo rural de trabalho já não é mais tão

determinado pelo ritmo da máquina quanto é governado pela capacidade que os capitais industriais possuem de modificar os ritmos do tempo biológico. Esta é uma modificação que pertence a uma ordem de significação muito diferente, apesar de todo o intenso debate a respeito da complementaridade entre as práticas de cultivo das VAR's e a mecanização da agricultura camponesa.

Para o apropriacionismo, a inovação fundamental representada pelas VAR s é apropriação parcial tanto do processo de trabalho quanto do processo biológico de produção. O desenvolvimento de variedades de maturação precoce que permitem múltiplas safras serviu para afrouxar ainda mais as limitações quanto à duração e a periodização do processo biológico de produção. São necessárias práticas de cultivo mais precisas, mais cuidadosamente reguladas e cronologicamente determinadas, mas isto devido às conseqüências diretas e imediatas da maior intromissão nos processos naturais por parte do capital. Com períodos mais curtos de transformação biológica e menos tempo separando cada período ou colheita, os processos de trabalho e de produção são agora melhor sincronizados, aproximando a agricultura cada vez mais de uma operação de processo contínuo. Embora os fluxos principais de causação ocorram agora cada vez mais das inovações bioquímicas e genéticas para as práticas de cultivo mecanizado dentro desta relação interdependente, as apropriações industriais parciais continuam, assim, seu movimento histórico de redefinição e reestruturação constante do processo rural de trabalho.[48]

Além do mais, estas mudanças no tempo biológico não se restringem ao que se poderia denominar de processo de produção "imediato", tal como medido pelo período entre as preparações das sementeiras e a colheita. As VARs são também produto das técnicas criadas pelo capital para intervir na base genética estabelecida por processos evolucionários antiqüíssimos.[49] “As mutações ocorrem de modo extremamente lento na natureza, demoram centenas de anos para completar-se e são a causa da variabilidade genética através da evolução adaptativa... A mutação induzida pela radiação ou pela mutagenia química acelera imensamente este processo" (Palmer, 1972: p. 79). A tecnologia incorporada na Revolução Verde com sua seleção, criada pelo homem, do material genético e com seus sistemas ambientais controlados artificialmente no beneficio de "delicadas

plantas criadas sob encomenda" (Pearse, 1980) é uma expressão notável da dinâmica do apropriacionismo na redução da importância da terra como elemento material da produção rural.

***Produção de animais: a conquista parcial da terra enquanto espaço***

Na produção de animais, ao contrário dos grãos, a apropriação industrial seguia uma dinâmica diferente, uma vez que a terra não é fator intrínseco ao processo biológico imediato de produção. Desde o princípio, portanto, a apropriação desenvolveu-se, principalmente, pela eliminação da terra enquanto espaço. O setor de criação de animais, correspondentemente, tem sido mais prontamente capaz de absorver tecnologias avançadas desenvolvidas em outros setores industriais, primeiramente pela incorporação dos motores elétricos, e, mais recentemente, dos sistemas computadorizados. É apenas de 1950 para cá que o tempo biológico ou reprodutivo começou a ceder às incursões do apropriacionismo.

A própria mobilidade dos animais tem contribuído para diminuir a importância da terra, enquanto espaço, na produção, uma vez que a forragem animal e os equipamentos de capital podem ser concentrados nos locais convenientes, até mesmo em áreas quase urbanas. Esta tendência já é discernível nos séculos XVII e XVIII quando as novas rotações de culturas aumentaram de modo notável os suprimentos de forragem disponíveis o ano todo, encorajando os agricultores da Europa Ocidental a substituir a pastagem permanente por métodos de criação e alimentação em confinamento (estábulos e currais). A alimentação do gado em confinamento, suplementada pelas aquisições externas de forragem e tortas oleaginosas, foi característica dos sistemas posteriores de "alta agricultura". Estas práticas demonstraram que os fatores puramente técnicos não impõem que a criação de animais domésticos seja especificamente associada à unidade agrícola ou à terra. Com os avanços subseqüentes na ciência animal, particularmente quanto ao controle de doenças, estas tendências culminaram nas imensas áreas de criação de gado de corte (primeiramente introduzidas na Califórnia no período entre as duas guerras): as unidades de confinamento total da criação de porcos e as granjas avícolas modernas. As similaridades com a engenharia de processo industrial e com a produção em fluxo contínuo - a "fazenda fábrica" – são acentuadas pelo cuidadoso controle com o meio ambiente, exigido quando

grandes números de animais são confinados num mesmo espaço.

Se a mobilidade dos animais facilitou a concentração fisica da produção, o advento do motor de combustão interna e do motor elétrico deu-lhe novo alento. Com fontes de energia eficazes, atividades tais como a preparação de forragem e a ordenha puderam ser mecanizadas, assim como as fases finais da fabricação de manteiga e queijo. A mecanização e, mais recentemente, a automação, reduziram "ainda mais as necessidades de mão-de-obra na criação de animais domésticos, reproduzindo a tendência a uma maior intensidade do capital evidente na agricultura motorizada. A escala industrial e a modernização das operações na criação de animais consolidaram o crescimento de indústrias especializadas no fornecimento de forragem processada,[50] formulada por computador, equipamentos sofisticados e bens de capital (tais como equipamentos para ordenha) e uma variedade de antibióticos, vacinas e outros produtos farmacêuticos. Há paralelos óbvios entre a integração destas atividades industriais com os modernos sistemas de criação de animais domésticos e as apropriações parciais da produção de culturas permitidas pela mecanização e a química fina usada para proteção das safras.

Desde 1950, o apropriacionismo também empreendeu incursões significativas no processo biológico de produção e criação dos animais domésticos, criando novas áreas de acumulação para os capitais industriais. Naturalmente, o cruzamento com o objetivo de desenvolver linhas genéticas com características hereditárias desejáveis, tais como a taxa de aumento do peso corporal ou conformação do esqueleto animal, é uma prática antiga. Estudiosos da história agrícola do século XVIII estão familiarizados com as inovações comerciais bem-sucedidas introduzidas na criação de carneiros e bois por Robert Bakewell, Coke de Holkham e seus seguidores.

O cruzamento seletivo por métodos tradicionais ainda continuará a produzir resultados, mas diversas inovações recentes marcam o começo da era científica da criação de animais (OTA, 1981). Esta nova era está associada particularmente com a difusão da inseminação artificial na indústria americana de laticínios depois de 1950. Ela se caracteriza, de modo mais geral, por um conhecimento maior do processo reprodutivo nos animais de fazenda e por sua utilização na busca de traços economicamente valiosos. Os programas de cruzamento seletivo agora perseguem objetivos mais complexos, de

múltiplos propósitos, que tomam precedência sobre os meros atributos fisicos externos estabelecidos pelas associações de criadores. Esta transição intensifica seu ritmo com os avanços científicos que revelam novas oportunidades para que os capitais industriais lucrem com a manipulação da fisiologia reprodutiva dos animais. Diversos exemplos servem para ilustrar estas oportunidades e a emergência concomitante das novas indústrias e serviços na produção de animais domésticos.

No caso da indústria americana de laticínios, a mudança genética permanente alcançada pela inseminação artificial (IA) responde por cerca de 35% do crescimento da produtividade média do leite de 2.000kg para 4.700kg no período de 1945-75 (CRS, 1984). A produção anual total de leite cresceu de 1 bilhão de kg neste período, enquanto que o número de vacas leiteiras decresceu de 26,6 milhões para 11,6 milhões. A intervenção industrial no processo reprodutivo via cruzamento seletivo e IA é exemplificada de modo surpreendente pela produção comercial de perus:

> O uso da IA na reprodução visando ao aumento da carne de peito foi tão bem-sucedida que os perus comerciais não podem mais ser reproduzidos naturalmente... O resultado é que nada menos de 100% da produção comercial de perus nos Estados Unidos é reposta a cada ano através da IA (OTA, 1981: p. 170) .

A produção de galinhas igualmente deixou a fazenda

> para tornar-se parte de uma sofisticada indústria de reprodução. No nível comercial, as galinhas foram as primeiras a serem exploradas comercialmente pela aplicação de técnicas de hibridização, tal como se fez antes com o milho, assim como pelos métodos de aperfeiçoamento seletivo usando os princípios da genética quantitativa (Nordskog, 1977, em OTA, 1981: p. 170).

Uma evidência eloqüente da industrialização da produção de galinhas é o fato de que se torna cada vez mais necessário produzir aves adaptadas às altas densidades e capazes de resistir às tensões fisiológicas do crescimento mais rápido e do maior peso: "Os 'broilers'[4] continuarão a crescer a uma taxa de 4 % ao ano, o que sugere que as aves deverão alcançar o peso de 4,4 libras em 5 semanas por volta da década de 1990" (OTA, 1981: p. 190).

A base genética deste setor industrial que produz os 3,7 bilhões de galinhas

---

[4] Ave jovem de até 2,5 libras de peso própria para assar *(broil).* (N. do T.).

consumidas anualmente nos Estados Unidos é controlada por uns quinze "criadores" *(breeders)* primários. O apropriacionismo pode, assim, ser visto tanto na propriedade da tecnologia genética utilizada na hibridização quanto na escala e concentração da produção industrial. Em 1974, havia cerca de 33.000 produtores de "broilers" nos Estados Unidos nas 16.534 fazendas, cada uma com vendas de 60.000 e mais aves por ano, eram responsáveis por 90% da produção total (Rogers, 1979). A indústria se caracteriza por formidáveis barreiras à entrada e a produção é vendida em mercados fechados, refletindo a forte integração vertical entre os fabricantes de ração, contratantes e firmas de comercialização. A produção atomizada de carne de aves e ovos por parte de muitos milhares de pequenos produtores foi substituída nos últimos 30 anos por grandes empreendimentos, altamente capitalizados, que utilizam as mais sofisticadas técnicas associadas aos sistemas de confinamento ambientalmente controlados. Tal concentração e especialização é o resultado direto da exploração das inovações na genética e na nutrição das aves por parte dos capitais apropriacionistas.

O apropriacionismo em outros setores da criação de animais prossegue em direções muito similares: maior controle da fisiologia reprodutiva objetivando ganho comercial e o desenvolvimento de serviços relacionados, como a indústria de IA. Na produção de porcos, por exemplo, os possíveis ganhos da criação seletiva durante os próximos 30 anos incluem um aumento da eficiência na utilização da ração (diminuindo a quantidade de ração por libra ganha de peso, de 3,3 para 2,5 libras ou menos), um aumento no número de ninhadas por fêmea (de 1,8 para 2,2 ao ano) e um aumento do número de porcos comercializados por cada fêmea (de 13 para 24 ao ano). Além disso, "dado que a preferência por carne magra tende a aumentar entre os consumidores, pode-se esperar que a porcentagem de gordura nas partes comestíveis da carcaça decline de 41 % para 32 %" (Pond, 1983: p. 103).

Durante as últimas décadas, a prática da IA foi reforçada por inúmeras inovações correlatas na genética aplicada cujo efeito cumulativo é "tornar possível o controle quase total do processo reprodutivo do animal de criação" (OTA, 1981: p. 174). Estas inovações incluem, entre outras, a transferência do embrião, a ovulação múltipla, detecção do estro, sincronização do estro e algumas técnicas ainda experimentais.

Depois de muitos anos como instrumento de laboratório, a transferência de embrião

assumiu importância comercial na década de 1970 quando, juntamente com a IA, foi utilizada pelos criadores de gado nos Estados Unidos para acelerar a difusão de linhagens européias puras (CRS, 1984). A transferência de embrião, que implica na renovação de embriões de um animal e seu transplante no oviduto ou útero de outro constitui-se no fundamento da avançada tecnologia de reprodução. Com esta técnica, o número de crias obtidas de vacas de raça, por exemplo, pode ser consideravelmente aumentado. Enquanto que uma vaca normalmente produz um só embrião por ano, a estimulação hormonal pode causar ovulação múltipla, e, em seguida à inseminação artificial, os óvulos múltiplos são recuperados e transferidos para "mães substitutas" cujos ciclos estruais foram sincronizados com os da doadora. Estima-se que as doadoras geneticamente superiores podem produzir entre 50 e 60 crias por ano através da ovulação múltipla e transferência de embriões (Lewis, 1982). De acordo com Yoxen (1983), o mercado de transferência de embriões alcança 25 milhões de dólares e se expande rapidamente.

Concomitantemente, o setor de criação de animais tornou-se alvo das mais avançadas tendências na direção da substituição industrial do produto rural. Entre elas se inclui o crescente uso, no processamento de alimentos, das proteínas vegetais para suplementar a carne ou como seu análogo. No setor de rações animais, a inovação biotecnológica conduziu à produção da proteína de célula única, um substituto industrial da fermentação para os grãos forraginosos, que pode crescer em substratos de hidrocarbonos fósseis, dejetos industriais e outros materiais não-agrícolas. Os fatores que respondem pela importância decisiva do setor de animais domésticos no processo de substituição industrial são considerados a seguir. A razão fundamental, entretanto, é a ineficiente conversão, por parte dos animais, dos nutrientes em alimento humano quando comparados, por exemplo, com organismos como o lêvedo que podem converter carboidratos em proteína. Deste modo, quando fermentado com melaço "o lêvedo-semente original quintuplica em cerca de 12 horas... uma produção de proteína muitíssimo mais rápida do que é possível através da alimentação de qualquer animal doméstico" (Pyke, 1981: p. 279). As plantas, naturalmente, não exigem nenhuma nutrição "externa" além da energia solar a fim de produzir comida para o consumo humano.

**Algumas considerações finais**

Se considerarmos o sistema de alimentos e de fibras como uma série de atividades interdependentes ou subsistemas, este capítulo concentrou-se em dois dos três maiores segmentos: a produção agrícola e as indústrias que fornecem insumos processados. O último subsistema ou "complexo" que examinamos, deve sua origem à progressiva apropriação das atividades que uma vez compreendiam os elementos intrínsecos do processo de produção imediato, ou situado no interior da unidade agrícola *(farm).* O terceiro grande componente do sistema de alimentos e fibras engloba uma ampla gama de atividades para além das porteiras da fazenda, incluindo o processamento total das *commodities,* manufatura de alimentos, financiamento, serviços, transporte e distribuição. Espremida entre as indústrias de insumos e o subsistema descendente de processamento e distribuição, a importância da agricultura de produção tem declinado constantemente desde o século XIX, embora em ritmo acelerado a partir de meados da década de 1930 à medida que as inovações químico-genéticas convergiam cada vez mais para formar "pacotes" tecnológicos integrados. Estimativas do valor monetário líquido das contribuições realizadas pelos respectivos subsistemas à produção de alimentos e fibras nos Estados Unidos em 1973 indicam que o valor combinado dos dois componentes industriais era dez vezes maior do que o da agricultura (Goss *et al.,* 1980). Os insumos não-agrícolas contribuíram com 27% para a produção agrícola, mas a parte do leão dos restantes 63 % veio do processamento de produtos e das atividades de comercialização. Mais recentemente, Polopolus (1984) também chamou atenção para a importância econômica decisiva e crescente dos dois subsistemas industriais relativamente à produção no interior de unidade agrícola. Na produção de alimentos, por exemplo, a diferença entre o preço que os consumidores pagam no varejo pelos produtos e o valor pago ao produtor agrícola ampliou-se na década de 1970: "Em 1973, 56 centavos de cada dólar gasto em alimento pelos consumidores ia para os serviços de comercialização. Por volta de 1982 este valor havia subido para 65 centavos de cada dólar gasto com alimentos" (ib.: p. 123). Em outras palavras, a parte que cabia às indústrias de processamento e distribuição de alimentos, em cada dólar gasto no varejo pelos consumidores, nos Estados Unidos, era quase o dobro do que os fazendeiros recebiam.

Outra evidência indireta, porém irrefutável, da crescente apropriação nos Estados Unidos do processo de produção ao nível da unidade agrícola por parte do subsistema industrial de insumos é dada na Tabela 1.1. A crescente penetração industrial deste processo pode ser prontamente inferida das tendências marcadamente contrastantes entre os insumos adquiridos e não-adquiridos durante o período de 1930-74. O declínio de cerca de 40% nos *inputs* não-adquiridos reflete a maciça substituição dos demais insumos por parte do capital, principalmente da mão-de-obra agrícola, neste período. Todos os insumos de maquinário agrícola, ração, sementes e animais adquiridos aumentaram de modo significativo, particularmente depois da Segunda Guerra, mas a expansão mais espetacular foi alcançada pela química agrícola. Estas tendências na composição dos fatores e na organização interna da produção agrícola definem o contexto das principais mudanças nas estruturas sociais rurais - principalmente a acentuada queda na população agrícola, a marginalização das unidades agrícolas subcapitalizadas e a concentração da produção. Finalmente, como observa Cochrane (1979: p. 132): "Durante esta grande transformação na capitalização das operações agrícolas algo, entretanto, não mudou. A terra na agricultura era quase a mesma tanto no fim quanto no começo do período."

Tabela 1.1 *índices de insumos* (inputs) *agrícolas totais* e *principais subgrupos de insumos* (inputs) *nos EUA durante anos selecionados no período 1930-1974* (1967 = *100)*

| | **TOTAL** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Ano* | *Total* | *Não – Adquirido (a)* | *Adquirido (b)* | *Mão-de-obra agrícola (c)* | *Imóveis agrícolas* | *Energia mecânica e maquinário (d)* | *Produtos químicos e agrícolas (e)* | *Ração, sementes e compras de animais (f)* | *Impostos* e *juros* | *Diversos* |
| 1930 | 98 | 178 | 49 | 325 | 101 | 40 | 10 | 29 | 73 | 65 |
| 1935 | 89 | 156 | 45 | 299 | 99 | 33 | 8 | 25 | 61 | 60 |
| 1940 | 98 | 160 | 57 | 292 | 104 | 42 | 13 | 41 | 70 | 77 |
| 1945 | 101 | 162 | 61 | 271 | 99 | 59 | 20 | 53 | 78 | 79 |
| 1950 | 102 | 151 | 69 | 217 | 105 | 85 | 30 | 62 | 80 | 86 |
| 1955 | 103 | 144 | 75 | 185 | 105 | 98 | 40 | 71 | 85 | 92 |
| 1960 | 99 | 120 | 84 | 145 | 100 | 98 | 50 | 82 | 91 | 103 |
| 1965 | 96 | 104 | 91 | 109 | 100 | 95 | 77 | 92 | 97 | 107 |
| 1970 | 100 | 96 | 104 | 90 | 97 | 100 | 110 | 108 | 102 | 107 |
| 1974 | 101 | 95 | 105 | 83 | 94 | 102 | 136 | 105 | 97 | 101 |

(a) Inclui o trabalho do proprietário e o trabalho familiar não-remunerado, e os imóveis operados pelos proprietários e outros insumos *(inputs)* de capital.
(b) Inclui todos os insumos à exceção dos insumos não-adquiridos.

(c) Inclui trabalho contratado, trabalho do proprietário e trabalho familiar não-remunerado.
(d) Inclui juros e depreciação da energia mecânica e maquinário, consertos, licenças e combustível.
(e) Inclui fertilizantes, óxido de cálcio e pesticidas.
(f) Rações, sementes e compras de animais de fontes não-agrícolas.

Fonte: *Changes in Farm Production and Efficiency,* Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Pesquisa Econômica, Boletim Estatístico nº. 561, Setembro 1976.

## CAPÍTULO 2

## A SUBSTITUIÇÃO INDUSTRIAL DO PRODUTO RURAL

### INTRODUÇÃO

Este capítulo acrescenta mais conteúdo teórico e empírico ao conceito de substitucionismo que apresentamos na Introdução do livro. Nela nós argumentamos que a substituição do produto rural e a ação paralela de apropriacionismo constituem um movimento de interação combinado do capital no processo gradual e ininterrupto de troca das atividades rurais por atividades industriais.

Por razões já discutidas, o apropriacionismo e o substitucionismo não atuaram sobre o processo rural de trabalho como um todo unificado mas, antes, prosseguiram através de uma série de transformações descontínuas e discretas. Um reflexo empírico destas tendências é a crescente participação dos insumos agrícolas industrializados, do processamento de produtos e sua distribuição no valor líquido da produção agrícola. Entretanto, estes dados setoriais referentes aos valores agregados são inadequados na medida em que excluem atividades produtivas que, embora tivessem tido anteriormente uma base rural, não são mais consideradas partes do sistema agrícola produtor de alimentos e fibras. Este ponto ilustra uma distinção essencial entre o apropriacionismo e o substitucionismo, pelo menos em seu movimento histórico.

Ainda que o apropriacionismo transforme as atividades rurais em atividades industriais e, assim, afrouxe as limitações impostas pela natureza, os capitais constituídos por esta dinâmica, entretanto, retêm laços simbióticos com o processo de produção de base rural[51]. Estes laços também caracterizam os setores de processamento primário. A ação tendencial do substitucionismo, entretanto, é reduzir o produto rural a um simples insumo industrial, abrindo caminho para a eliminação do processo rural de produção, seja pela utilização de matérias-primas não-agrícolas, seja pela criação de substitutos industriais dos alimentos e fibras. Seu paradigma é dado pela indústria química e pelo desenvolvimento dos sintéticos. A natureza, seja enquanto terra, espaço ou reprodução biológica, já não mais representa uma limitação intransponível à transformação capitalista do processo de produ-

ção e da divisão social do trabalho. Biotecnologias avançadas constituem a vanguarda desta ação tendencial no rumo da dissolução da diferença entre "agricultura" e "indústria". Neste capítulo, examinamos o substitucionismo desde suas origens nos setores básicos de processamento e nas indústrias alimentícias até o advento das modernas inovações biotecnológicas, que consideraremos no Capítulo 3.

A primeira seção, a seguir, concentra-se nos desenvolvimentos ocorridos no processamento dos alimentos e das fibras antes de 1914 e termina com a invenção da seda artificial ou *rayon.* Na seção seguinte, as novas formas de substitucionismo no processamento de alimentos e seu impacto na agricultura constituem o tema principal. Estas novas formas, particularmente as inovações que estão por trás da rápida expansão dos produtos alimentícios industrializados e das "comidas de conveniência", estão diretamente ligadas à crescente complementaridade tecnológica entre as indústrias químicas, farmacêuticas e alimentícias. O rápido progresso técnico na microbiologia industrial age para reforçar esta complementaridade. A tendência à bioindustrialização, que está rompendo as tradicionais cadeias agroalimentícias que há tanto tempo definem os sistemas de produção, processamento e comercialização, será examinada no Capítulo 5.

## O SUBSTITUCIONISMO NO PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS E FIBRAS ANTES DE 1914

### Processamento e preservação de alimentos em grande escala

O contexto histórico em que se dá a emergência do processamento de alimentos e de fibras como atividades industrializadas de grande escala, transcendendo suas origens domésticas e artesanais, é dado pelas inovações tecnológicas da Revolução Industrial e pela integração dos mercados locais e regionais de produtos agrícolas primários ao sistema econômico mundial. O advento da máquina a vapor e o progresso da engenharia mecânica deitaram a base para a produção mecanizada e trouxeram extensas mudanças nos métodos tradicionais de processamento e preservação de alimentos e de processamento de fibras. Com o crescimento da industrialização e a rápida urbanização, a revolução nos transportes e comunicações liberou a indústria capitalista na Inglaterra e na Europa dos efeitos

potencialmente ruinosos das ofertas ineslásticas de bens de consumo urbano e matérias-primas. A "questão agrária" foi resolvida pelo livre comércio e o dinamismo dos capitais mercantis, que se agarraram às oportunidades criadas pelas novas tecnologias de transporte e comunicações para trazer novas áreas de produção de alimentos e fibras ao mercado mundial. Estes capitais, quer estivessem envolvidos na coleta e transporte dos produtos agrícolas primários a partir das novas áreas de produção na periferia, quer organizando e financiando o comércio mundial a partir do centro, tornaram-se, assim, estabelecidos nas atividades de processamento de alimentos e de fibras[52].

A bem-sucedida transição para os métodos industriais de grande escala em atividades básicas de processamento tais como a moagem de farinha e o refinamento de açúcar foram de imensa importância para o desenvolvimento do substitucionismo. Estas inovações no processamento de produtos alimentícios intermediários básicos (farinha, óleos vegetais comestíveis, gorduras animais, açúcar, leite em pó) forneceram à emergente indústria, manufatureira de alimentos, insumos padronizados e homogêneos. Estas indústrias situadas a jusante, produzindo para o consumo final, alcançaram, assim, uma liberdade muito maior para diferenciar a forma, a composição e a embalagem do produto rural.

Neste período inicial, o decisivo primeiro passo do substitudonismo na indústria alimentícia foi interpor o processamento e a manufatura industrial mecanizados entre a fonte de produção rural e o consumo final. Dado este passo, a forma rural do produto agrícola e seus componentes podia ser, então, modificada e "apagada", facilitando seu tratamento e apresentação como um produto industrial. Isto é, um produto cujas propriedades, tais como o sabor ou o prazo de consumo, e cuja "identidade", iriam associar-se com um processo industrial específico (leite condensado) e com uma marca registrada (Nestlé, Borden).

A interposição do capital industrial entre o campo e a mesa fornecem, portanto, uma nova fonte para produzir valor agregado que, no início, foi alcançada simplesmente pelo aumento da escala dos métodos herdados de processamento artesanal ou doméstico. O que é mais significativo aqui é que o capital industrial conquistou uma posição a partir da qual as práticas mecânicas e a investigação científica podiam ser rotineiramente aplicadas à

produção de alimentos. O "alimento" podia, então, tornar-se uma mercadoria *(commodity)* heterogênea dotada de propriedades características que lhe foram conferidas pelas técnicas de processamento, diferenciação de produtos e comercialização. Com esta base estabelecida, em seus aspectos essenciais, entre 1870 e 1914, a indústria de processamento alimentício pôde, subseqüentemente, voltar sua atenção para a obtenção de mudanças qualitativas na composição orgânica do alimento e na percepção geral do que é alimento. No período que antecedeu 1914, o capital industrial, portanto, tomou o caminho que iria conduzir a uma transformação dos padrões de consumo, dos sistemas de distribuição e das rotinas domésticas da vida quotidiana.

Embora os setores básicos de processamento e manufatura de alimentos não tivessem ficado de fora da crescente aplicação da ciência à tecnologia da produção, esta não foi a fonte principal do substitucionismo no período anterior a 1914. Melhor dizendo, o progresso técnico, no início, ocorreu principalmente através de inovações mecânicas que tornaram possível estender os métodos fabris de produção em massa às técnicas de processamento de alimentos cujos rudimentos já eram conhecidos há muitos anos e, em muitos casos, há séculos. Entretanto, além destas continuidades, certamente ocorreram inovações significativas nas técnicas de separação e preservação de alimentos, incluindo o enlatamento, a refrigeração e a desidratação. Estes novos métodos transformaram processos de produção específicos e criaram "novos" produtos mudando a forma (carne *enlatada,* leite *em pó)* e os atributos do produto rural, tais como as condições de manuseio e armazenagem e o prazo de vali dez para o consumo. Nas páginas seguintes apresentamos, brevemente, diversos estudos de casos para ilustrar estes desenvolvimentos e a emergência de novas indústrias.

***Moagem de farinha***

Na moagem de farinha de trigo, as operações em maior escala e a padronização do produto, tornadas possíveis pelo sistema automático de moagem à base de rolos movidos a vapor *(automatic roller-milling),* foram decisivas na transição de uma estrutura atomizada de moinhos espalhados pelo campo para a produção centralizada. Com a disseminação deste novo método, reforçada pela demanda popular por pão e farinha mais brancos, os

produtores passaram a depender de economias de escala, do controle de qualidade, de propaganda e de outros estratagemas para defender sua parte no mercado contra firmas rivais.

O método de moagem por meio de rolos começou com a substituição das mós de pedra por rolos de porcelana em 1840 na Hungria, onde se adaptava melhor às variedades de trigo lá encontradas, de semente dura e quebradiça. Este problema técnico confrontou os proprietários de moinhos americanos à medida em que os trigos mais duros cultivados nos Estados mais frios da parte norte do Meio-Oeste assumiam uma importância cada vez maior na produção de grãos. A moagem com mós de pedra deixava partículas de farelo, descolorindo a farinha, e, conseqüentemente, o trigo duro de primavera do Estado de Minnesota era vendido com desconto na década de 1860 (Morgan, 1979). Embora a tecnologia húngara fosse um segredo cuidadosamente guardado, um avanço inicial foi realizado em 1871 pela firma de Washburn, da cidade de Minneapolis, uma das precursoras da gigantesca empresa moderna General Mills, que usou peneiras móveis e jatos de ar para purificar a farinha. Este sistema foi subseqüentemente adotado por Charles Pillsbury, outro migrante a Minneapolis, oriundo da Nova Inglaterra.

> O “novo processo” inverteu a posição econômica da farinha de Minnesota na escala de preferência dos panificadores, não apenas nos Estados Unidos mas também na Inglaterra. Logo que pôde ser vendida como produto branco livre de impurezas, a farinha de Minneapolis tornou-se a favorita dos Estados Unidos. A razão é que os trigos de Minnesota, e das Dakotas, plantados na primavera... continham uma percentagem mais alta de proteínas, ou 'glúten', do que os trigos moles. Esta era uma vantagem de enorme significado econômico. O glúten dá à farinha a capacidade de absorver água e, quando se acrescenta fermento, de crescer. Para os panificadores, isto queria dizer que a farinha do trigo duro de primavera produzia mais pães por cada libra. Para os consumidores a vantagem era um pão que tendia a permanecer fresco por mais tempo (Morgan, 1979: pp. 50-1).

Na Inglaterra, a adoção do sistema de moagem por rolos foi reflexo da dependência com relação às variedades de trigo de semente dura importadas dos Estados Unidos, cada vez mais preferidas que o produto mais escuro, oriundo das mós de pedra. Esse último não se conserva tão bem quanto seu rival, uma vez que retém o óleo do trigo e tende, por isto, a tornar-se rançoso e malta do (Singer *et al., 1958).* A adoção da moagem por rolos acelerou-se em fins da década de 1870, dando início a um processo de concentração na indústria enquanto muitos pequenos moinhos iam à falência ou eram absorvidos por empresas

maiores[53]. O caso da farinha de trigo ilustra como a substituição industrial pode transformar um produto rural num insumo industrial, de tal modo que a qualidade ou o valor são dados por critérios de processamento e manufatura antes que por considerações nutricionais. Esta tendência de avaliar os produtos rurais principalmente como insumos para o processamento industrial e para a comercialização está no âmago dos debates correntes sobre alimentos processados e nutrição.

A transformação da moagem de farinha, que agora podia fornecer um insumo básico uniforme, foi condição essencial para o surgimento de uma indústria alimentícia que fabricava produtos igualmente uniformes para o consumo de massa.

> Comercializada em misturas padronizadas produzidas por grandes moinhos situados principalmente junto aos portos, esta nova farinha adequava-se às necessidades dos grandes panificadores, que empregavam máquinas para misturar a massa e outros equipamentos para o processamento, além dos fornos aquecidos a vapor que começaram a aparecer depois de 1850. O *uso de maquinário para produzir quantidades e qualidades padronizadas de farinha e outros ingredientes foi ainda mais importante para* o *fabricante de biscoitos* - cujos préstimos à dona-de-casa até mesmo a Sra. Beeton aprovava - *porque sua reputação dependia de sua capacidade de manter um produto absolutamente uniforme* (Derrye Wiliams, 1970: p. 693), grifo nosso.

***Laticínios***

Os métodos de produção em grande escala também deixaram sua marca no processamento dos derivados do leite nas décadas de 1880 e 1890. Na produção de manteiga, a introdução do separador centrífugo de creme fresco aumentou de modo significativo as economias de escala das grandes indústrias de laticínios ao reduzir as necessidades de mão-de-obra na operação de desnatamento. A fabricação de queijo também se tornou um processo fabril nos Estados Unidos, Canadá e Austrália. Entretanto, o processo de maturação do queijo somente foi compreendido plenamente em fins da década de 1890, quando ficou comprovado que eram as enzimas, e não as bactérias, os principais agentes do processo. (Singer *et al.,* 1958). As mudanças no processamento do leite *in natura* para o consumo imediato se restringiam basicamente às que afetavam a coleta e a distribuição. Entre elas contavam-se o resfriador de água, o trem para o transporte e o latão de chapa de aço estanhado. O processamento do leite de acordo com o método de

esterilização através do aquecimento, descoberto por Pasteur, e sua distribuição em garrafas começou a assumir maior importância por volta do fim do século (Derry e Williams, 1970).

Entretanto, os primeiros grandes avanços do substitucionismo na indústria de laticínios vieram em seguida à introdução de métodos industriais de preservação baseados em técnicas inovadoras de desidratação que criaram novos produtos: o leite evaporado e o leite em pó. A novidade destes produtos, em contraste com a manteiga e o queijo - meios tradicionais de preservar o leite - era que, embora produzidos por métodos de produção em massa, eles retinham as características que os tornavam substitutos diretos do produto natural. Este atributo, juntamente com o monopólio tecnológico de que gozavam, deu aos primeiros inovadores industriais acesso a um dos principais mercados de produtos alimentícios básicos. Em resumo, a indústria havia criado um substituto direto para o produto rural fresco cujo mercado se equiparava potencialmente ao do original.

Em 1856, Gail Borden nos Estados Unidos obteve uma patente para a produção de leite evaporado a vácuo e abriu uma fábrica em 1860, a tempo de beneficiar-se de contratos governamentais de compra durante a Guerra Civil americana. Anteriormente, em meados da década de 1850, Borden havia produzido leite condensado enlatado usando açúcar como preservativo. O método de produzir leite condensado criado por Borden foi adotado pelos irmãos Page, que estabeleceram a *Anglo-Swiss Milk Co.*, na Suíça em 1866. Um ano mais tarde, usando seu próprio método, Henri Nestlé começou a fabricar leite em pó na Suíça. A intensa competição entre estas duas firmas familiares, a Anglo-Swiss e a Nestlé, que incluía a fabricação dos produtos das firmas rivais e a expansão para o exterior, levou finalmente à sua fusão em 1905, criando uma das multinacionais gigantes da moderna indústria alimentícia.

***Enlatamento e refrigeração***

No caso da farinha de trigo, os capitais industriais tiveram que lidar com um produto que já era processado, ainda que por métodos artesanais. Este produto artesanal foi marginalizado não apenas pelas vantagens advindas das economias de escala mas também pela criação de novos limiares qualitativos que, por sua vez, deitaram a base para a industrialização do setor de panificação. Nos laticínios, as técnicas de desidratação

específicas para cada produto forneceram a dinâmica para a expansão industrial. Em contraste com isto, o enlatamento representou um avanço industrial genérico no processamento de alimentos, de aplicação virtualmente ilimitada. Pelo menos em princípio, estava criada a possibilidade para a substituição completa dos alimentos frescos por produtos alimentícios processados industrialmente. Diferentemente da preservação de frutas por meio do açúcar, sob a forma de geléias, por exemplo, a fruta enlatada compete como substituto direto do produto original fresco.

Entretanto, uma nova e mais complexa fase do substitucionismo começou com o desenvolvimento das técnicas de refrigeração e, especialmente, com os métodos de congelamento rápido introduzidos na década de 1930[54]. Por um lado, estimulou-se enormemente a criação de novos produtos, conduzindo à gama diversificada de alimentos de "conveniência" de nossos dias, incluindo os peixes e jantares congelados. Por outro lado, estes métodos de refrigeração suplantaram as tecnologias de preservação mais antigas, tais como a conservação sob a forma de picles, o enlatamento e a desidratação em virtude de sua superior capacidade na manutenção do sabor e da textura do produto rural. Isto exemplifica uma segunda grande corrente da substituição industrial - a que busca realçar a legitimidade do produto industrialmente processado visando a maior aproximação com o produto original fresco. Neste contexto, o enlatamento perde cada vez mais terreno para as técnicas de refrigeração que, por sua vez, começam a ser desafiadas por inovações mais recentes, tais como a irradiação, a liofilização e as biotecnologias. Além do mais, estas inovações estão emergindo como alternativas para os métodos químicos de preservação, ameaçando os padrões estabelecidos de substituição no processamento de alimentos, como discutimos no Capítulo 3.

Embora algumas das novas indústrias alimentícias de fins do século XIX representassem versões "em escala ampliada" de suas vetustas contrapartidas artesanais, o mesmo não ocorria no caso daquelas que utilizavam processos modernos de conservação de alimentos. Dois destes processos, o enlatamento e a refrigeração, assumiram grande importância na conformação da moderna indústria alimentícia e na redefinição da divisão internacional do trabalho. Por sua própria natureza, estes novos métodos exigiam produção fabril de grande escala e apresentavam problemas científicos e técnicos inusitados. Era

necessário manter os produtos animais e vegetais sob formas adequadas para o consumo humano, protegendo os nutrientes e eliminando os elementos tóxicos, e fazer isto de modo a aumentar a conservação do produto e impedir ou retardar as mudanças bioquímicas ou físicas do alimento.

O primeiro dos assim chamados métodos modernos de preservação/estabilização foi o enlatamento, introduzido no início do século XIX quando a folha de estanho foi utilizada na fabricação de latas. Os princípios práticos da preservação dos alimentos em latas, em seguida à sua cocção a temperaturas variadas, foram estabelecidos por métodos de ensaio e erro, que tinham, freqüentemente, as forças armadas e os exploradores como cobaias involuntárias. O papel dos microorganismos na deterioração dos alimentos era apenas vagamente suspeitado antes da década de 1860 quando, primeiramente Pasteur e, mais tarde (na década de 1890), bacteriologistas americanos, determinaram por intermédio de pesquisas científicas os tempos e temperaturas adequados de cocção de diferentes produtos. À medida que aumentava a demanda por comida enlatada, realizavam-se paralelamente, progressos (embora esporádicos) na mecanização da produção de latas, que alcançou automação plena na década de 1900. Os avanços subseqüentes envolveram métodos aperfeiçoados de tratamento das superfícies de preservação apresentados pelos diferentes tipos de frutas, vegetais, carnes e peixes. O substitucionismo do produto rural via enlatamento de alimentos oferecia um vasto âmbito de acumulação para os capitais industriais, e algumas das enormes empresas ligadas aos empreendimentos agrícolas, tais como Libby, Del Monte, Swift e Armour, começaram suas operações em fins do século XIX.

***Processamento de carne* (Meat Packing) *nos Estados Unidos***

A história inicial da indústria americana de processamento de carne ilustra como as técnicas de preservação alimentar atenuaram certas propriedades intrínsecas do produto rural que, até então, haviam inibido sua industrialização. Além disto, a inovação-chave ocorreu na distribuição, não na produção, mas foi rapidamente apropriada para o capital industrial através da integração vertical. Antes de 1880, a posição ímpar de Chicago como centro de abate de gado derivava, fundamentalmente, do caráter perecível da carne fresca,

que tinha de ser consumida no prazo de uma semana a contar do abate. Dada esta séria limitação, a cidade de Chicago, por sua localização nodal na rede ferroviária em expansão nas décadas de 1850 e 1860, oferecia grandes vantagens como centro distribuidor do transporte e do abate do gado. Criado nas Grandes Planícies, engordando nas áreas vizinhas produtoras de milho do Meio-Oeste, o gado era consumido nos mercados urbanos do litoral leste (Aduddell e Cain, 1973).

O movimento na direção das operações em grande escala, centralizadas, ocorreu com velocidade notável no processamento da carne devido a duas inovações ocorridas durante a década de 1880 que se reforçaram mutuamente e transformaram a organização da produção industrial e a comercialização. Uma delas foi o sistema contínuo de processamento de carne e a outra a aplicação de refrigeração mecânica aos vagões ferroviários e às instalações atacadistas de distribuição. A partir de uma posição inicial como operadores de uma só fábrica em 1880, os precursores dos "Cinco Grandes" - Swift, Armour, Morris, Wilson, Cudahy - ganharam domínio indiscutível sobre a indústria. O número de instalações que possuíam para processamento e de subsidiárias para armazenagem sob refrigeração, que se tornou a forma principal de distribuição atacadista de carne a partir de meados da década de 1880, cresceu de sete do primeiro tipo e "um mero punhado" do segundo em 1887, para 191 e 1120, respectivamente, em 1917. Todos os outros abatedouros interestaduais possuíam juntos, naquela época, um total de apenas 139 armazéns subsidiários (Arnould, 1971). Este poderoso oligopólio controlava uma das três maiores indústrias do país em termos do valor industrial agregado e, de acordo com os contemporâneos, ameaçavam monopolizar a oferta de alimentos nos Estados Unidos[55].

O primeiro vagão-refrigerador eficiente com sistema de isolamento foi construído em 1878 por Gustav Swift e Andrew Chanse, e sua introdução conduziu rapidamente à integração vertical da produção e da distribuição atacadista. "Por volta do início da década de 1880, todos os principais processadores de carne estavam transportando carne fresca para o Leste em quantidades relativamente grandes, freqüentem ente em vagões produzidos pela Swift, enquanto se travava a batalha entre o processado r nacional e o açougueiro local" (Aduddell e Cain, 1973: p. 94). Entretanto, a refrigeração realçou ainda mais o papel crítico da distribuição, uma vez que a carne fresca podia agora ser conservada por três

semanas após o abate e não mais apenas por uma semana, reduzindo, assim, a vantagem inicial de Chicago quanto à localização. Os processadores de carne desta cidade enfrentaram a competição dos novos centros de produção situados mais a oeste e mais próximos das áreas de criação, principalmente através da instituição de sistemas nacionais centralizados de distribuição. Estes eram abastecidos por métodos de linha de montagem de processo contínuo e grande volume de produção que fizeram a fama de Chicago. "Mais que qualquer outra coisa, a refrigeração foi responsável pela expansão das atividades dos processadores de carne para além da manufatura, penetrando na distribuição e outras funções agora associadas com estas Firmas altamente integradas" (Aduddell e Cain, 1973: pp. 92-3).

Restava agora estender estas inovações nas técnicas de preservação ao transporte marítimo, o que removeria as barreiras ao comércio transoceânico oriundas do caráter perecível dos gêneros alimentícios de maior consumo[56]. Depois de diversas tentativas malsucedidas no início da década de 1870, Finalmente conseguiu-se transportar carne congelada entre a Argentina e a França em 1877, e um carregamento de carne resfriada mecanicamente foi enviado dos Estados Unidos à Inglaterra e 1879. Este comércio de longa distância logo se desenvolveu muito rapidamente, e, por volta de 1892, a Nova Zelândia estava exportando 2 milhões de carcaças de cordeiro e carneiro congeladas; dez anos mais tarde, este total havia chegado a 4 milhões (Singer *et al.,* 1958). As exportações argentinas de carneiro e cordeiro congelados também cresceram substancialmente no período de 1880-1900. A Argentina tomou-se a principal fonte de carne de vaca resfriada para o mercado europeu enquanto os suprimentos americanos eram cada vez mais absorvidos pela demanda doméstica. De fato, a Armour e a Swift responderam a estas novas condições da oferta de carne estabelecendo subsidiárias na Argentina para defender sua posição no mercado britânico. A refrigeração promoveu, igualmente, o crescimento das exportações de manteiga e queijo da Austrália e da Nova Zelândia depois de 1880. Os capitais mercantis e industriais completaram, assim, a redefinição da divisão internacional do trabalho iniciada pela ferrovia, pelo telégrafo e pela navegação a vapor. O arcabouço estabelecido em fins do século XIX iria sobreviver, no essencial, até a década de 1930 e além.

***Margarina***

Enquanto o enlatamento e a refrigeração procuram preservar o produto fresco original através de métodos de processamento fabril inovadores, a produção de margarina assinala uma substituição qualitativa. Ela é precursora dos alimentos fabricados industrialmente, reconstituídos a partir de ingredientes intermediários, que se tornaram um aspecto tão característico do substitucionismo nas décadas recentes. A dinâmica representada pela margarina não é a da preservação mas, antes, a da fabricação de um substituto industrial para um produto "rural" processado - a manteiga - usando matérias-primas mais baratas. O mercado é o ponto de partida[57]. A margarina representa a ruptura do elo entre o produto alimentício final e a matéria-prima agrícola original facilmente identificável: é um substituto da manteiga não derivado do leite nem, em última análise, de produtos animais. No caso da margarina, os produtos agrícolas assumem definitivamente o status de insumos *industriais,* podendo ser usados de modo intercambiável de acordo com os custos e os critérios técnicos.

A produção de margarina demonstrou que as matérias-primas selecionadas por seu custo relativamente baixo podiam ser mescladas ou combinadas industrialmente para produzir um produto essencialmente novo que imitava o seu rival mais caro. "Novo" no sentido de que a fabricação de margarina combina insumos de matéria-prima de uma maneira inusitada, reduzindo a percentagem do insumo mais caro, o leite. Este produto composto industrializado ganhou aceitação como substituto próximo do produto rural original mais puro. A margarina é um exemplo precoce da substituição industrial enquanto criação de produto, por meio da mescla de diferentes matérias-primas ou "intermediários", que visa imitar o produto original. Tal imitação que, desde então, se tornou um rico filão de inovação de produtos no processamento alimentício, se fez explícita no nome de "butterine", como o novo produto era conhecidos no início.

Em 1869 um químico francês, Megé-Mouries, estimulado por uma competição organizada por Napoleão III, desenvolveu um método para produzir um substituto barato para a manteiga. Seu método consistia em extrair a substância oleosa da gordura purificada do rim que era então batida com leite e úberes picados. Esta não era a primeira vez que as gorduras animais tinham sido usadas para produzir um substituto para a manteiga.

Entretanto, "Megé-Mouries merece um lugar nos anais da indústria de gorduras comestíveis. Porque foi basicamente seu processo, despojado de seus excessos e adaptado à produção em grande escala, que veio a oferecer um substituto da manteiga para as massas industriais da Europa Ocidental" (Wilson, 1954: p. 26)[58].

A história da fabricação da margarina antes de 1914 fornece uma ilustração clássica da dinâmica do substitucionismo. A nova indústria concentrou-se, primeiramente, na descoberta de suprimentos mais baratos de seus insumos básicos de matérias-primas e, subseqüentemente, buscou ampliar a gama de matérias-primas que pudessem ser usadas de maneira permutável para a obtenção daqueles insumos[59]." A busca de gorduras animais concentrou-se inicialmente na Europa, mas as condições da oferta transformaram-se subitamente em 1877: quando o primeiro carregamento de gordura bovina oriunda das instalações de processamento de carne nos Estados Unidos chegou à Europa: "o que no início não era mais que um gotejamento tornou-se uma torrente e, logo, milhares de barris de substâncias oleosas chegavam a cada semana... enquanto as gorduras animais continuaram a ser a principal matéria-prima para a produção de margarina, os suprimentos eram oriundos dos Estados Unidos" (ib.: pp. 31-2).

As tentativas de encontrar substitutos para as gorduras animais concentraram-se nos óleos vegetais e na busca de meios para aumentar sua participação na produção de margarina[60]. Um dos primeiros aperfeiçoamentos introduzidos no método de Megé-Mouries tinha sido o de misturar a substância oleosa com uma pequena quantidade de azeite de oliva batido com leite. Entretanto, o azeite, produzido pelas grandes indústrias de esmagamento de Marselha e Bordéus, era caro. Diversos substitutos foram experimentados durante as duas décadas seguintes, inclusive o óleo de gergelim da Palestina, Índia e China, e o óleo de amendoim do Senegal. Entretanto, as condições da oferta permaneceram difíceis até por volta de 1900, quando um engenheiro americano, David Wesson, introduziu um processo que melhorou o odor e o sabor do óleo de algodão submetendo-o a um tratamento com vapor num vácuo. Este processo foi então aplicado a outros óleos e gorduras vegetais e, particularmente, à "gordura sólida de coco obtida da copra, que podia ser usada, em grande medida, para substituir as gorduras animais" (ib.: p. 37).

O desenvolvimento da indústria da margarina exemplifica a ação do substitucionismo, cuja mola propulsora neste caso particular foi o esforço do capital industrial no sentido de atenuar as limitações impostas à acumulação advindas das matérias-primas rurais. Embora a solução desejada estivesse além do alcance imediato, a direção e o impulso dominantes de inovação técnica nesta jovem indústria já são inconfundíveis por volta do início do século.

"Assim, em 1906, os desenvolvimentos no tratamento e no uso dos óleos e gorduras vegetais já tinham aliviado a difícil situação criada pela escassez das gorduras animais, mas o quadro estava longe de satisfatório. Para se atender à crescente demanda mundial por margarina era essencial que se alcançasse maior flexibilidade no uso dos diferentes tipos de óleos e gorduras. *A solução ideal era um processo que tornasse os diferentes óleos e gorduras amplamente Permutáveis... A solução ideal era um processo que tornasse os diferentes óleos e gorduras amplamente permutáveis... A solução viria, porém lentamente" (Wilson,1954:* p. 37; grifo nosso).

Voltamo-nos agora para a consideração de três casos ilustrativos do substitucionismo relativos a matérias-primas não-alimentícias.

**Substucionismo e matérias-primas não-Alimentícias**

Diversas grandes inovações antes de 1914 revelaram as direções futuras e a enorme força potencial do substitucionismo: os corantes e álcalis químicos e as fibras artificiais. Estes produtos-chave do substitucionismo liberaram a acumulação industrial das limitações impostas pelos ciclos biológicos da oferta de matéria-prima e do monopólio da natureza. Esta dinâmica tomou duas direções principais que, no limite, convergem na produção dos sintéticos. A primeira reflete-se nas inovações que estendem a base disponível de recursos para esses insumos, tal como na transição das matérias-primas vegetais para as minerais[61]. A segunda trajetória envolve os esforços para aperfeiçoar a eficiência na utilização da matéria-prima por meio da obtenção de economias de uso em processos de produção específicos c pela descoberta de novas aplicações. Desde o início, portanto, as atividades de pesquisa e desenvolvimento científico nas indústrias manufatureiras não-alimentícias se concentraram nas propriedades físicas e químicas de seus insumos básicos de matérias-

primas. Esta orientação estabeleceu padrões inconfundíveis de substitucionismo que davam destaque às possibilidades de mesclar esses insumos com outros materiais e substâncias e conduziu, finalmente, aos substitutos sintéticos. A história da indústria da borracha antes de 1900, por exemplo, ilustra o movimento de superação da dependência com relação à borracha pura por meio de sua combinação com outras substâncias, tais como o pez, a nafta e o enxofre, e o rápido crescimento da gama de novos produtos e usos. O setor dos tecidos de algodão também beneficiou-se da expansão da indústria do gás e dos avanços na química do alcatrão de hulha, como veremos a seguir.

***A indústria têxtil***

Três dos principais exemplos da poderosa ação do substitucionismo no setor das matérias-primas não-alimentícias, antes de 1914, têm a ver com a indústria têxtil. Em dois dos casos - a substituição de alvejantes e corantes vegetais - o substitucionismo eliminou a severa rigidez da oferta e forneceu a base para o espetacular crescimento da indústria química pesada[62]. O terceiro caso é o da "seda artificial" ou *rayon,* como ela se tornou conhecida em fins da década de 1920, que envolve a fiação de fibras derivadas da celulose processada quimicamente, ou *viscose.* Um ramo relativamente secundário da indústria têxtil tornou-se, subitamente, um novo setor de grande importância em virtude de inovações na ciência química e na engenharia, prefigurando as incursões em outros ramos industriais, impulsionadas pelas pesquisas científicas, tais como a descoberta das fibras sintéticas e dos plásticos. A inspiração e o ímpeto por trás do substitucionismo vieram, portanto, da indústria química pesada. De fato, esta era a sua *razão de ser.* "A indústria fabricava produtos para substituir materiais tradicionais - por exemplo, as anilinas sintéticas suplantaram as cores vegetais - e também produtos desconhecidos até então que ... criavam seu próprio mercado" (Haber, 1971: p. 4).

Na indústria têxtil do século XIX, a pesquisa científica dava atenção aos processos de acabamento - tintura, branqueamento e estampagem - que sofriam de aguda escassez de matérias-primas. Nestes processos críticos, a indústria era dependente de produtos rurais cuja oferta era, há muito tempo, limitada e precária. Além disto, essa dependência era a principal barreira aos esforços para se reduzir o tempo de produção

> Os processos tradicionais (por exemplo, o uso de leite azedo para alvejar o linho, urina para polir a lã, e cinzas para obter potássio e soda) não poderiam nunca satisfazer as necessidades crescentes da indústria. A solução foi uma série de inovações que tornaram possível a substituição de matérias-primas animais por outras, primeiramente vegetais e, depois, minerais. Isto libertou a produção de uma oferta inelástica de matérias-primas (Crouzet, 1982: p. 223).

*Alvejantes e detergentes* - A nascente indústria química já tinha contribuído um pouco para o aperfeiçoamento do processo de branqueamento com o uso do ácido sulfúrico para "azedar" o tecido, substituindo O leitelho. O ácido sulfúrico já era disponível em quantidades adequadas desde que Roebuck introduzira, em 1746, o processo da câmara de chumbo, que aumentou em muito a escala das operações. Maiores progressos na direção da simplificação e do encurtamento do processo de branqueamento (que poderia durar até três meses no caso do algodão e incluía sua exposição ao sol para "corar") ocorreram na década de 1780, quando as propriedades alvejantes do cloro se tornaram conhecidas (Haber, 1958). O avanço fundamental, entretanto, foi realizado por Charles Tennant em 1797 e 1799 com a descoberta do hipoclorito de cal, obtido pela saturação da cal hidratada com cloro. Esta descoberta, que se tornou a base de um império industrial, eliminou a fase de exposição do algodão sobre a relva para "corar" e, por volta da década de 1830, "os tecidos de algodão podiam ser alvejados em uma semana" (Haber, 1958: p. 9).

No caso do álcali vegetal, necessário como detergente na indústria têxtil, a demanda inglesa sustentou um comércio de importação de cinzas de madeira e *barrilha, um substituto mais barato obtido das cinzas de um gênero de plantas (salicornia)* da família das anserinas, cultivadas em anserinas, cultivadas em Alicante e no sul da França. A busca de fontes mais eficientes e baratas de soda culminaram na produção industrial de soda artificial pelo processo de Leblanc, que foi adotado na Inglaterra depois de 1825. A produção de soda pelo processo de Leblanc havia virtualmente acabado com as importações de barrilha por volta de 1850 e, explorando as economias de escala, ela encontrou mercados em expansão nas indústrias de sabão e de vidro. De acordo com Haber (ib.: p. 14) "o desenvolvimento da fabricação de soda foi, sem dúvida, o principal fator no rápido crescimento da indústria química pesada".

*Tinturas.* O substitucionismo nas tinturas para os produtos têxteis iria fornecer à jovem indústria química sua segunda área mais importante de crescimento e acumulação. Antes do advento das substâncias sintéticas, as tinturas eram obtidas de espécies nativas, tais como ísatis (pastel-dos-tintureiros), quermes e garança, além de madeiras tintórias importadas. Este segundo ramo da indústria química baseava-se na química pura, particularmente na pesquisa das propriedades dos destilados do alcatrão de hulha. Por volta do final do século XIX o alcatrão de hulha, que era um produto subutilizado, derivado das fábricas municipais de gás e dos fornos de coques, "havia-se tornado a matéria-prima essencial da indústria das tinturas e corantes" (ib.: p. 59)[63]. O aperfeiçoamento decisivo da química do alcatrão de hulha ocorreu em 1847 quando Mansfield completou seu fracionamento e isolou cerca de vinte substâncias, o que induziu a uma extraordinária concentração de atividade científica neste setor. O primeiro corante orgânico sintético, a púrpura de anilina, que usava bezeno cru como sua matéria básica, foi patenteado por Perkin em 1856. Muitos outros corantes orgânicos sintéticos logo passaram a ser produzidos comercialmente. Entretanto, Haber destaca que "os processos eram simples e, freqüentem ente, toscos; o conhecimento exato era restrito e as operações prosseguiram empiricamente (e) *nenhum desses corantes suplantou a matéria colorante vegetal"* (ib.: p. 83; nossa ênfase).

Esta situação se transformou radicalmente com a descoberta em 1869 da alizarina sintética, que utilizava antraceno, um resíduo da destilação do alcatrão de hulha, como ponto de partida de uma "complicada síntese que prosseguia a passos gradativos" (ib.). Os efeitos substitucionistas sobre a produção agrícola logo surgiram e à medida em que a alizarina sintética suplantava a garança "grandes extensões de terra, especialmente na Provença onde a planta era cultivada, foram alqueivadas ou transformadas em vinhais"(ib.: p. 83). Entretanto, o desenvolvimento das tinturas de alizarina se constituiu como base da propriedade da Badische Anilin-und Soda-Fabrik (BASF), que logo havia de tomar-se um dos gigantes da indústria química orgânica alemã[64].

O crescente nexo entre pesquisa científica, inovação industrial e acumulação de capital que caracterizava, de maneira cada vez mais acentuada, o substitucionismo, se revela claramente na síntese do anil, baseada em outro produto residual da destilação do

alcatrão, o naftaleno. A síntese do anil realizada pela BASF tomou quase dezessete anos de pesquisas e implicou num desembolso de cerca de 1 milhão de libras antes que as operações industriais começassem em 1897. A partir de então a produção cresceu rapidamente *e por volta de 1900 era equivalente ao rendimento obtido em 250.000 acres de índigo natural"* (ib.: p. 85; *nossa ênfase).*

Ao remover as limitações impostas pela produção de matérias-primas naturais da indústria têxtil o substitucionismo criou, simultaneamente, a base de crescimento da indústria química pesada em seu período de formação. Além disso, esta nova indústria deu ímpeto renovado e dimensões muito mais amplas à transição das fontes vegetais de matérias-primas para as fontes minerais, tais como o carvão, os fosfatos e o sal. A natureza inanimada era mais maleável à transformação e ao controle capitalista da produção, assegurando suprimentos mais flexíveis de matérias-primas para a indústria. No caso dos destilados de alcatrão de hulha, por exemplo, a fonte de matéria-prima já estava integrada ao processo industrial das fábricas de gás e fornos de coque. A subordinação do processo produtivo dos corantes sintéticos ao capital já não era mais problemática, enquanto que, obviamente, o mesmo não se dava com a produção rural de plantas corantes.

*Fibras artificiais.* Na década de 1900 o rápido ritmo do progresso científico na química pura e aplicada já revelava caminhos para a transferência interindustrial de tecnologia, que iria reestruturar velhos setores, como o têxtil e dos fertilizantes nitrogenados, e criar novos, como o dos produtos farmacêuticos e plásticos. Assim, "havia sinais de que a síntese química estava se 'difundindo para além dos corantes: as primeiras tentativas de fixar o nitrogênio atmosférico estavam sendo realizadas, fibras sintéticas começavam a aparecer e essências e drogas estavam sendo criadas a partir dos derivados do alcatrão de hulha" (Haber, 1971: pp. 29-30). Estes avanços de espectro tão largo sugerem que o aspecto característico da revolução industrial nos produtos químicos era "a reformulação" das matérias-primas"[65].

No caso das fibras sintéticas e plásticas, a "reformulação" e substituição das matérias-primas rurais teve um período de gestação relativamente longo antes que a produção comercial assumisse importância. O desenvolvimento inicial da química orgânica

entre as décadas de 1830 e 1850 havia criado um certo interesse científico pela celulose, que cresceu muito na década de 1880 quando os químicos buscavam materiais para fazer filamentos para a lâmpada elétrica incandescente. Esta atividade revelou a possibilidade de fiar fibras de celulose, e tanto a "seda de Chardonnet" ou "seda de nitrocelulose" e a "seda de cupramômio", foram produzidas comercialmente na década de 1890.

"O terceiro método principal de fabricação de seda artificial, o 'processo da viscose' combinava avanços ocorridos na fabricação das lâmpadas elétricas com a química emergente da indústria do papel que tinha a polpa de madeira como sua base". (Coleman, 1969: p. 9).[66] Os direitos de patente inglesa deste processo foram adquiridos por Courtaulds em 1904. Uma vez superados certos problemas químicos e técnicos, o fio de viscose revelou-se mais barato que seus principais concorrentes e mais versátil, já que podia ser combinado com uma variedade maior de outras fibras para produzir novos tecidos. Depois da Primeira Guerra Mundial, a indústria do rayon conheceu a extraordinária "explosão" de 1920-41 quando "a produção mundial aumentou 8.700%, passando de 32 milhões para 2.817 milhões de libras (ib.: p. 171). O crescimento de um mercado de massa para as meias de rayon transformou este produto num concorrente potencial do algodão.

A produção de fibras celulósicas difundiu-se por todo o mundo industrializado no período entre as duas Grandes Guerras, que também testemunhou diversas inovações técnicas importantes à medida em que as firmas rivais, seguindo a lógica do substitucionismo, esforçavam-se por obter posições vantajosas na competição intensificando a versatilidade das novas fibras. A produção de um fio fosco no final da década de 20, complementando o rayon de brilho característico; ampliou seu mercado, notavelmente nas indústrias de tecelagem, meias e malharia. As tentativas para superar a baixa resistência do rayon não obtiveram sucesso até meados da década de 30 quando Courtaulds desenvolveu o processo de esticamento a quente *(hotstretch process),* que produziu um fio resistente capaz de substituir o algodão na fabricação de encoamento para pneus e em outros usos industriais.

Entretanto, "o advento da fibra curta de viscose *(viscose staple fibre)* foi a mais impressionante das inovações da indústria neste período" (ib.: p. 173). Esta fibra foi produzida cortando-se os filamentos contínuos em pedaços curtos, que eram enfardados e

vendidos para uso em fiação e tecelagem. "Em 1939-41 a fibra curta *(staplefibre)* alcançou 53 % da produção mundial de rayon, em termos de peso. Do mesmo modo que os filamentos de todos os tipos tinha, representado uma efetiva substituição da seda numa ampla gama de usos, na década de 1930 as fibras curtas começaram a substituir cada vez mais o algodão ou a lã" (ib.: p. 173). Entretanto, tomando como referência o consumo geral de fibras, o rayon somente conseguiu penetrar de modo significativo nos setores de tecelagem, meias e malharia.

Uma revisão ampla do substitucionismo ocorrido quando a indústria química orgânica adquiria dinamismo nos levaria muito longe do âmbito e do propósito deste capítulo. Os breves estudos de casos referentes às tinturas e corantes sintéticos e às fibras celulósicas foram escolhidos pelo seu desenvolvimento precoce e por sua importância industrial. Entretanto, estes são apenas dois exemplos, embora destacados, dos novos compostos orgânicos, cujo número excedia 300 mil por volta de 1940.

Embora sustentada pelas pesquisas realizadas nas décadas de 20 e 30, uma nova e grande onda de substitucionismo ocorreu durante a guerra imediato pós-guerra com "a exploração industrial mais ampla da química orgânica - isto é, a química dos compostos de carbono - e da engenharia associada a ela, destacando-se a polimerização, a condensação, a catálise e alta-pressão" (Reader, 1975: p. 318). Esta nova onda testemunhou a produção em grande escala de plásticos e das verdadeiras fibras sintéticas, principalmente *polyamides* (nylon), poliésteres e acrílicos, assim como borrachas, resinas e couros sintéticos e detergentes sintéticos (que competem diretamente com óleos e gorduras animais e vegetais). Esta transição em velocidade crescente na direção de um afastamento relativamente às matérias-primas não alimentícias de origem vegetal é marcada também pela emergência na década de 50 do petróleo e do gás natural como os principais elementos para a indústria química e demais firmas situadas no escalão descendente do processo vertical de produção, consumidoras destes insumos intermediários sintéticos.

Estes estudos de caso dos setores não-alimentícios fornecem o indício mais claro possível da tendência subjacente ao substitucionismo no sentido de eliminar os insumos agrícolas. A dinâmica mais lenta e mais complexa no setor alimentício reflete as limitações impostas pelo produto agrícola enquanto elemento de nutrição humana. De todo modo,

importantes formas novas de substitucionismo surgiram no processamento alimentício durante os últimos vinte anos aproximadamente, principalmente as técnicas de fracionamento de produtos e a produção de alimentos fabricados. Estas novas tendências são examinadas na próxima seção em seguida a uma breve discussão da estrutura do moderno sistema de alimentos. Como veremos, a indústria química, fiel à lógica do substitucionismo, realizou incursões notáveis no processamento de alimentos neste período recente.

## O MODERNO SISTEMA DE ALIMENTOS E AS NOVAS FORMAS DE SUBSTITUCIONISMO

Como vimos aqui e no Capítulo 1, as oportunidades de acumulação criadas pelo substitucionismo e pelo apropriacionismo conduziram ao domínio do sistema de alimentos e fibras por parte dos capitais industriais. Na próxima seção, examinamos rapidamente as características estruturais do moderno sistema de alimentos e voltamo-nos, em seguida, para o foco principal de nossa discussão: os desenvolvimentos recentes no processamento e manufatura (industrialização) de alimentos.

### Características estruturais da indústria alimentícia

O moderno sistema de alimentos se estende desde a agricultura, num extremo, passando pelo processamento, pela distribuição e pela venda no varejo, até o setor produtor de alimentos e refeições industrializadas *(catering industry)* e a preparação doméstica de alimentos, no outro. Estes setores competem pelo controle do sistema a fim de determinar a distribuição dos lucros criados pelo cultivo, pela manufatura e pela distribuição dos alimentos. Nesta disputa, a agricultura tem sido relegada a uma posição secundária. Alguns aspectos deste declínio foram examinados no Capítulo 1, e os próximos dois capítulos o consideram mais de perto. Se excluirmos o preparo doméstico dos alimentos, todos os setores do sistema mostram uma alta e crescente concentração da produção, embora cada um possua uma grande franja de firmas de tamanhos muito variados.

Esta diversidade quanto ao tamanho das firmas é encontrada na fabricação (industrialização) de alimentos, mas os produtores oligopolistas que operam um grande

número de fábricas constituem o aspecto dominante do setor[67]. As barreiras à entrada no setor, de um modo geral, não foram criadas pelas economias de escala mas, antes, pela diferenciação de produtos sustentada pelos altos níveis de gastos com publicidade[68]. Os problemas de competição e crescimento são enfrentados por meio de estratégias que não visa aos preços mas, principalmente, à diferenciação dos produtos, à conquista do controle acionário, à integração vertical, à diversificação intra e interindústrias e à expansão internacional (Parker, 1976; Connor, 1980).[69]

As estruturas oligopolistas também caracterizam os setores de processamento primário que produzem os intermediários ou ingredientes estabilizados usados pelas firmas que fabricam alimentos para o consumo final. De fato, vimos que a concentração industrial já era significativa antes de 1914 em setores como o da moagem de farinha, o do leite desidratado e o do processamento de gorduras animais e óleos vegetais. Além disso, mesmo em seus anos iniciais, a internacionalização da produção era uma característica bem definida deste setor, como bem o demonstram as operações em escala mundial da Unilever, Nestlé, Carnation e Cargill. Já a internacionalização das firmas alimentícias que fabricam os produtos finais, é, ao contrário, em grande medida um fenômeno do pós-guerra. Esta tendência acelerouse em fins da década de 50 e na década de 60, tendo envolvido principalmente firmas americanas, a que se juntaram firmas européias na década seguinte, particularmente os grandes produtores britânicos. Na ausência de economias de escala significativas, as estratégias de expansão ultramarina reproduziram os padrões de crescimento doméstico, com ênfase na extensão das operações tendo como base um grande número de instalações fabris, o que se alcançou através de fusões e "de tomadas de controle acionário, mais que por meio de novos empreendimentos, tendo-se dado prioridade à *diversificação no interior do setor de alimentos"* (OECD, 1979: p. 45).

Uma tendência semelhante na direção da alta concentração na distribuição e no comércio varejista, perceptível nos Estados Unidos desde a década de 30 e no pós-guerra na Europa Ocidental, significa que as grandes firmas processadoras de alimentos confrontam um comércio varejista com um poder sobre o mercado equivalente ao seu próprio e, às vezes, superior. Já se sugeriu que esta disputa está criando uma dicotomia na indústria alimentícia entre a vasta maioria dos fabricantes dominados pelo poder oligopolista de

compra das grandes cadeias varejistas e o "pequeno grupo de, talvez, não mais que 30 ou 40 firmas cujo tamanho, influência financeira, e nível de multinacionalização nos setores da oferta, produção e comercialização, lhes permitem competir em termos iguais com as distribuidoras gigantes" (OECD, 1979: p. 44). A competição oligopolista entre estas gigantescas corporações tem reforçado as tendências na direção da integração vertical ascendente por parte das distribuidoras, o que as têm levado à difusão ele mercadorias com seu rótulo próprio, e à integração descendente por parte dos processadores de alimentos aos setores de distribuição atacadista e varejista. Na Inglaterra, os exemplos de integração descendente incluem a *Associated Dairies, Associated British Foods, Booker McConnel* e *Rank Hovis McDougall.* Há um certo consenso na percepção de que as principais firmas oligopolistas no comércio varejista de alimentos, principalmente as grandes redes de lojas, têm mantido a supremacia no sistema britânico de alimentos desde a década de 70 (Burns, 1983: Lang e Wiggins, 1984).

Do ponto de vista da substituição industrial, uma dimensão cada vez mais importante desta disputa entre processadores e distribuidores origina-se das mudanças que têm ocorrido na consciência pública quanto à legitimidade dos alimentos processados e dos métodos utilizados em sua preparação. As repercussões dessas transformações na opinião pública e nas preferências dos consumidores têm sido sentidas em todo o sistema de alimentos, afetando o equilíbrio de poder entre os setores de processamento e de distribuição. Como vimos, os novos métodos de refrigeração, principalmente o congelamento rápido e, mais recentemente, *gas packing,* aperfeiçoaram a conservação das características originais dos alimentos. Para os grandes varejistas cujos mercados principais são formados por unidades familiares que preparam a comida em casa, sua reputação quanto à capacidade de fornecer alimentos frescos tornou-se uma importante condição para a penetração no mercado e para obter uma clientela fiel. Esta estratégia tem, entretanto, seus inconvenientes. Com o crescimento da consciência pública relativamente ao uso dos aditivos químicos no processamento e preservação dos alimentos, as alegações de que as comidas processadas se aproximam dos alimentos frescos têm sido amplamente questionadas. Este fenômeno tem provocado uma rachadura nas relações entre os

produtores de alimentos e os distribuidores, que são os primeiros a sentir as conseqüências das reações dos consumidores.

Na Inglaterra estas preocupações atiçaram uma controvérsia a respeito da utilização, por parte dos fabricantes, de rótulos com pouca ou nenhuma informação relevante e, freqüentemente, enganadores (Luba, 1985). Isto levou a pressões para tornar obrigatória a informação completa a respeito do valor nutricional nos rótulos e criou apoio para uma campanha nacional para controlar o uso de aditivos.[5] Contra esta maré crescente de inquietação, o setor de distribuição foi o primeiro a tomar a iniciativa de promover linhas de produto isentos de aditivos e de experimentar métodos não-químicos de conservação de alimentos. As grandes cadeias varejistas, como Tesco, J. Sainsbury e Marks e Spencer também adotaram recentemente novas estratégias de comercialização e de informação ao consumidor. Somente uma grande cadeia de supermercados, a Safeway, oferece regularmente vegetais organicamente cultivados a seus fregueses, mas outras grandes cadeias já manifestaram seu interesse caso haja maior continuidade de oferta. A reação dos fabricantes de alimentos tem sido mais lenta mas a Birds Eye Wall 's, de propriedade da Unilever, a maior corporação do setor agroindustrial na Europa, anunciou em fevereiro de 1986 que havia retirado todos os azocorantes de seus produtos e estava reexaminando o uso de glutamato de monossódio e outros aditivos. Recentes relatórios consultivos fornecem indícios adicionais de que a indústria britânica de alimentos se adaptava vigorosamente à demanda por produtos "naturais",[6] ao mesmo tempo que continua com suas linhas tradicionais. É assim que muitos dos quase 2 mil produtos lançados em 1985 foram destinados a atender "necessidades especiais do mercado" relativas a alimentos ricos em fibras, pouco salgados e sem gordura. *(Financial Times, 28/4/1986).*

Como demonstra esta reação, o impacto na indústria alimentícia de um maior conhecimento por parte do público a respeito de assuntos de dieta, saúde e nutrição vai muito além da questão dos alimentos isentos de aditivos. De modo crescente, o valor nutricional é visto mais em termos dos componentes básicos do alimento do que em relação ao alimento integral, quer seja ele fresco ou não.

---

[5] A Equipe de Campanha contra os Aditivos Alimentares *(Food Additives Campaign Team, FACT).*
[6] Em inglês, *healthy products,* lit. "produtos saudáveis". (N. do T.)

Aqui, as questões principais referem-se às calorias, às proteínas, ao colesterol, às gorduras saturadas ou não, e ao conteúdo fibroso e, sob este aspecto, os alimentos frescos, principalmente O leite e a carne, podem também ser considerados "pouco saudáveis" ou "indesejáveis". Assim, os alimentos processados, balanceados, cujos ingredientes são escolhidos de acordo com critérios nutricionais, podem ser apresentados como uma alternativa à solução representada pelos alimentos frescos na equação entre nutrição e saúde.[70] No caso dos alimentos fabricados altamente processados e das "comidas de conveniência", podia-se facilmente adicionar vitaminas e outros componentes nutricionais ou aumentar sua concentração. A preocupação pública com a saúde e dieta pode, portanto, acelerar a eliminação dos aditivos químicos, mas estas tendências podem igualmente trabalhar contra certos alimentos inteiros, como os laticínios e a carne fresca. Não se segue necessariamente que os padrões emergentes de consumo irão fortalecer a demanda pelos produtos alimentícios originais. Na verdade, os fabricantes de alimentos podem, com uma certa facilidade, atender às demandas por produtos isentos de aditivos, seja pelo desenvolvimento de preservantes químicos eficazes porém inócuos ou pela adição de métodos biotecnológicos (Pyke, 1981). A substituição industrial, portanto, provavelmente incorporará diversas estratégias diferentes que, a longo prazo, podem dar origem a ramos distintos na indústria alimentícia.

Reconhece-se amplamente que o poder de mercado por parte de fabricantes e distribuidores de alimentos tem importantes efeitos ascendentes sobre a organização da produção agrícola, sem mencionar o das corpo rações agroindustriais que se integram verticalmente em todos os setores do sistema de alimentos, desde o cultivo até a distribuição varejista e a produção de alimentos e refeições industrializadas *(catering).* Na Inglaterra, o mais célebre exemplo de integração vertical que engloba diversos estágios do sistema de alimentos é a *Unilever,* cuja subsidiária, Birds Eye, tem usado os contratos de compra para entrega futura a fim de exercer controle sobre o processo de produção no cultivo de ervilha em East Anglian (Newby, 1977). As operações verticalmente integradas das corporações agroindustriais ligando a produção direta, o processamento e a prestação de serviços são mais comuns nos Estados Unidos, graças às atividades de companhias como Castle & Cooke, Ralston Purina, Tenneco e United Brands. Em geral, entretanto, as

características específicas de cada sistema de produção de bens agrícolas irão determinar sua organização produtiva e a significação relativa do envolvimento direto e dos contratos de compra para entrega futura por parte da corporação agroindustrial (Friedland, 1985). Na Califórnia, por exemplo, firmas transportadoras estabeleceram integração ascendente com o intuito de controlar o processo de produção da alface "iceberg" e das uvas de mesa, mas o mesmo processo não se deu no caso dos tomates e das uvas-passas (ib.).

Para a agricultura americana como um todo, o investimento direto por parte das corporações agroindustrias na produção assume importância no caso dos vegetais frescos de mercado (30%), cana-de-açúcar (60%) e frutas cítricas (30%). Se a produção direta por parte das agroindústrias e os contratos de compra para entrega futura forem tomados em conjunto, então uma alta proporção da produção total em diversos setores principais é vendida em mercados "internos" fechados. Estas estruturas verticais de comercialização dominam a produção de vegetais para processamento (95 %), batatas (70 %), frutas cítricas (85 %), cana-de-açúcar (100%), beterraba-de-açúcar (100 %), leite líquido graduado para consumo doméstico (98 %) e frangos de corte (97%).[71] Estimativas recentes indicam que a proporção da produção agrícola nos Estados Unidos controlada por acordos formais de comercialização vertical está aumentando. Assim, os contratos de compra para entrega futura juntamente com a produção direta por parte das agroindústrias representaram 22 % da produção total em 1970 e cerca de 30% em 1980 (USDA, 1984). "A principal mudança na agricultura sob contrato desde 1970 foi um incremento notável no uso, por parte dos agricultores, de contratos antecipados de venda na comercialização dos grãos de liquidez imediata *(cash grains),* das sementes oleaginosas e do algodão" (ib.: p. 33). Os dados para os Estados Unidos sugerem também que a contratação antecipada e a integração vertical estão relacionadas positivamente com o tamanho da unidade agrícola, e reforçam a concentração da produção e a especialização monocultural das regiões agrícolas do país (USDA, 1981). Os dados sobre o desenvolvimento da agricultura sob contrato na Europa são limitados mas sabe-se que ela é importante no caso da beterraba-de-açúcar, da criação de aves, porcos e cultivo de ervilhas e que sua incidência é relativamente maior na Holanda, Bélgica e Reino Unido (Bowler, 1985). Tal como nos Estados Unidos, os

fabricantes de rações animais foram pioneiros na produção sob contrato de aves, ovos e vitelos.

Para o processador, o atacadista, ou a cadeia de supermercados, a atração da integração vertical via produção direta ou contratação antecipada é que ela oferece maior controle sobre as condições de oferta. Estas incluem não apenas o preço e o planejamento das entregas mas também fatores como a uniformidade do produto, a qualidade (grau de maturação, cor, formato) e (atributos) propriedades técnicas desejáveis para o processamento de massa. Como vimos no Capítulo I, o apropriacionismo e o substitucionismo convergem no desenvolvimento de novas variedades de safras deliberadamente criadas para incorporar propriedades que facilitam o tratamento mecânico e vão ao encontro das necessidades especiais das firmas processadoras de alimentos. Por exemplo, um estudo sobre o enlatamento de ervilhas no Reino Unido observou que, já que os consumidores preferem as ervilhas miúdas "nós buscamos aquelas variedades que produzem geneticamente altos rendimentos de sementes pequenas, no grau de maturação exigido para o enlatamento" (Arthey, 1983: p. 589). A biotecnologia e a engenharia genética aumentam de maneira substancial o âmbito potencial e a importância desses efeitos montante.[72] Sharp *et al.* (1894: p. 118) sugerem, nesse sentido, que estes métodos tornam possível "produzir a matéria-prima agrícola de acordo com as especificações prescritas pelas firmas processadoras". Estas tendências são examinadas mais pormenorizadamente no próximo capítulo.

### O Fracionamento de Produtos e os Alimentos Industrializados

Antes da década de 70, a aplicação dos métodos de produção em massa no setor de processamento representava a corrente principal da mudança tecnológica na indústria alimentícia. Isto é, a mecanização e a melhoria sistemática das técnicas de processamento tradicionais de separação e preservação-estabilização. Tal como no período inicial de inovação, entretanto, o conhecimento dos processos físicos, bioquímicos e microbiológicos nos quais se baseavam estas técnicas tem sido adquirido principalmente por meios empíricos. Esta situação tem mudado, mas ainda existem brechas importantes na compreensão científica das atividades químicas, enzimáticas e microbiais envolvidas no

processamento industrial de alimentos. Estas brechas, acentuadas pela variabilidade inata de produção de "fornada",[7] em que as habilidades e conhecimentos especializados de um operador são utilizados para o processamento automatizado das "fornadas" e, *afortiori,* para os métodos de fluxo contínuo[73]. Como destacamos no Capítulo 3, é precisamente a perspectiva de controlar estes processos bioquímicos de modo eficaz que tem despertado tanto interesse na microbiologia industrial, na engenharia genética e na criação de bioindústrias avançadas de base científica.

Os recentes avanços na tecnologia de processamento alimentício têm revelado o papel pioneiro que cabe, principalmente, às firmas dos setores químico, petroquímico e farmacêutico[74]. As iniciativas mais antigas vieram de indústrias diretamente relacionadas, principalmente as fornecedoras de implementos, mas a crescente complementaridade entre a engenharia química e a engenharia de alimentos tem acelerado enormemente a taxa de transferência tecnológica, de adaptação e de inovação na indústria alimentícia. Este é um fenômeno recente, entretanto, e até mesmo em fins da década de 60, nos Estados Unidos, se observava que "embora se torne mais sistemática, a aplicação das pesquisas da indústria química à indústria alimentícia é ainda relativamente acidental" (Uttle, 1970: p. 21).[75] Contudo, este relatório previu claramente que os fabricantes de alimentos logo criariam relações mais íntimas com as indústrias químicas e farmacêuticas. Ele identificou como um futuro canal interindustrial de transferência de tecnologia de grande importância, o crescente setor de "alimentos derivados", baseados nos componentes genéticos extraídos de uma ampla gama de matérias-primas (tais como amido de milho ou proteína de soja) e combinados para criar alimentos reconstituídos ou novos produtos. Estas novas técnicas de separação no fracionamento de produtos já estavam sendo aplicadas na indústria de laticínios. "O leite já chegou até mesmo a ser decomposto como a caseína, a lactose e o soro, cada uma das quais é usada numa função específica em vários alimentos industrializados. Este é apenas um exemplo *do fracionamento de um alimento natural a fim de se obter um componente que pode ser aplicado noutros produtos"* (ib.: p. 21; grifo nosso).

---

[7] Em inglês, *bátcb production tecbniques,* de *batcb,* quantidade cozida numa só operação, jornada; por extensão, quantidade de qualquer material produzida numa determinada operação, ou *lote.* (N. do T.)

Este exemplo precoce prenunciou um grande passo adicional na transformação das firmas de processamento primário em fornecedoras de ingredientes alimentícios intermediários genéricos, como glicose, xaropes, proteínas, carboidratos, gorduras e aromatizantes, que as firmas situadas na fase seguinte do processo descendente da escala vertical de produção, reconstituem como produtos alimentícios para o consumo final. Estes alimentos fabricados, incluindo os "alimentos de conveniência" e os produtos do tipo "fast-food", podem ser manufaturados como produtos parcialmente ou totalmente reconstituídos. Isto é, os fabricantes podem variar sua composição de acordo com os custos relativos dos diferentes ingredientes usados como matéria-prima, ou de acordo com critérios nutricionais ou de outra natureza. À medida que se expandem estas possibilidades de substituição, as linhas que demarcam as cadeias agroalimentícias tradicionais se tornam cada vez menos nítidas. Dunnill, reexaminando as tendências correntes na tecnologia da proteína, destaca a introdução de métodos sofisticados de separação e fracionamento

> nos quais os *componentes com alto grau potencial de proteína dos alimentos de qualidade inferior são isolados e freqüentemente reformados...* Esta reforma permite o ajustamento do conteúdo nutricional e do custo final através, por exemplo, do controle do equilíbrio entre componentes animais e vegetais, e auxilia na obtenção da uniformidade necessária nos processos avançados (Dunnill, 1981: p. 216; grifo nosso).

Erguendo-se sobre uma base cada vez mais complexa de métodos de fracionamento,[76] a moderna indústria alimentícia estendeu o âmbito e a concepção de seus produtos até o ponto de poder redefinir as noções convencionais do que é alimento. As "comidas de conveniência", a "junk food" e seus complementos, as cadeias de restaurantes do tipo "fast-food" e os sistemas de fornecimento de refeições industrializadas *(catering-systems)* têm sido os setores mais dinâmicos da indústria alimentícia desde princípios da década de 50.[77] Este crescimento reflete os efeitos mutuamente reforçativos sobre os padrões de despesas com alimentos, do substitucionismo enquanto criação de produtos, e das tendências econômicas e sociais do pós-guerra nos principais países da OECD. Entre estas se incluem a crescente participação das mulheres na força de trabalho, a difusão dos eletrodomésticos usados na preparação e conservação de alimentos, os novos hábitos alimentares e o maior poder aquisitivo.

O rápido incremento do nível de despesas com alimentos preparados ou consumidos fora do lar representa um fator dinâmico particularmente importante na determinação da crescente demanda por ingredientes alimentícios processados padronizados e por produtos do tipo "fast-food". Por volta de meados da década de 70, cerca de 35% dos gastos familiares médios com alimentos nos Estados Unidos eram realizados com refeições fora do lar (Chou *et al.,* 1977). Como resultado destas mudanças nos padrões de consumo, o crescimento do setor de refeições e alimentos industrializados *(catering-sector)* facilmente ultrapassou o das vendas varejistas por parte dos supermercados, entre os princípios da década de 50 e princípios da de 70 (OECD, 1970). Este setor em expansão é altamente receptivo às inovações no processamento que fornecem refeições congeladas e resfriadas, produzem ingredientes que poupam tempo e trabalho, ou melhoram o sabor, a textura e o prazo de validade das comidas preparadas, propósitos principais dos aditivos.

> O comércio varejista oferece, assim, uma variedade de farinhas enriqueci das com aminoácidos... pratos preparados contendo proteínas vegetais, misturas de sucos de frutas naturais e artificiais, produtos de confeitaria e pastelaria preparados com emulsificantes vegetais, amido, açúcar e várias gorduras no lugar de leite, ovos, manteiga, açúcar e gordura de cacau. O uso de matérias-primas mais baratas por parte da indústria leva a uma redução na proporção dos alimentos "convencionais" na ingestão humana de proteínas, gorduras, carboidratos, vitaminas, etc (OECD, 1975: p. 2).

Tal como o caso da margarina demonstrou há mais de cem anos, a indústria alimentícia pode criar "novos" produtos cuja forma física e aparência disfarçam suas origens industriais e os põem em competição direta com produtos de safras prontamente identificáveis e alimentos *in natura.* Outros alimentos altamente processados competem igualmente com o produto natural mas devem sua comercialidade mais a certos atributos especiais, como o prazo de vali dez ou a conveniência no preparo, que lhes são conferidos pela tecnologia industrial.[78] Tais alimentos se sustentam expressamente por seus méritos industriais e exploram deliberadamente as diferenças que os separam do produto rural natural. Com as tecnologias alimentícias correntes, virtualmente tudo o que for comestível, incluindo os produtos derivados, processados, podem ser convertidos num produto vendável ou num alimento instantâneo sob a forma de grânulos ou em pó. Este é o caso, por exemplo, da carne mecanicamente recuperada (CMR), obtida por meio de métodos de

processamento hidráulico e centrífugo que separam a carne e os nervos dos ossos para formar uma pasta fluida. Esta pasta, combinada com agentes aglutinadores (emulsificadores e estabilizadores) e outros aditivos é, então, usada na fabricação de produtos de carne, como tortas, patês e salsichas (ver Fig. 2.1).

Uma ampla e crescente gama de produtos químicos complexos desempenham um papel essencial nestas modernas tecnologias de processamento e conservação de alimentos. Os aditivos químicos são usados para facilitar o processamento industrial, enquanto outros restauram o sabor, a cor e a textura, perdidos durante a manufatura. Agentes emulsificadores ajudam a homogeneizar ou a aglulinar substâncias diferentes, tais como água e gordura na margarina. Na indústria da carne, os polifosfatos são amplamente utilizados para aglutinar galinha, presunto, salsichas e outros ingredientes com a água. Substâncias isolantes *(sequestrants)* impedem que microelementos causem rancidez nos produtos que contêm gorduras e óleos, e também impedem que os refrigerantes fiquem turvos (Tannahill, 1975). Outros grupos importantes de aditivos são os preservantes, os corantes sintéticos, tais como os *diazocorantes,* e a categoria mais extensa de todas, os aromatizantes e os realçadores de sabor, dos quais o glutamato de monossódio é o mais conhecido (Miller, 1985). No Reino Unido, mais de 3.500 aditivos permitidos podem ser usados, embora os procedimentos para o licenciamento de aditivos estejam protegidos pelo *Official Secrets Act*[8], o que impede sua discussão pública.

Estas novas tecnologias de processamento são uma clara expressão da lógica do substitucionismo na indústria alimentícia. Os produtos alimentícios agrícolas são reduzidos a seus ingredientes básicos e estes insumos são combinados com aditivos, o que permite dar rédea solta ao desenvolvimento de novos produtos envolvendo variações infinitas de características conferidas industrialmente, como conveniência, qualidades dietéticas, sabor, textura e cor.

A capacidade de introduzir uma classe de produtos diferenciados em constante mutação e novas marcas registradas, desde petiscos industrializados até refeições prontas para ir ao forno, fornece à indústria alimentícia uma fonte dinâmica de valor agregado e de lucros. Deste modo, o moderno sistema alimentício procura superar as restrições aos gastos

[8] Lei que trata dos assuntos protegidos por sigilo oficial. (N. do T.)

com nutrição advindas dos limites fisiológicos da ingestão humana de alimentos e da demanda inelástica por gêneros de primeira necessidade. Como Millstone (1986: p.18) observa, "é muito mais fácil convencer as pessoas a comprar mais pacotes de *crisps*[9] do que levá-las a comer mais batatas cozidas simples". O âmbito no qual se pode obter maior valor agregado e mais lucros é igualmente mais. extenso: "quando compramos um pacote de *crisps,* tamanho padrão de 25 gramas, nós estamos adquirindo uma certa quantidade de batatas naturais, no valor de 1 *penny,*[10] que foram transformadas num produto processado, preservado, aromatizado, empacotado, anunciado e distribuído por 12 pennies" (ib.: p. 22).

O crescente controle industrial da produção alimentícia se reflete na expansão e no progresso técnico dos setores que fabricam aditivos. Calcula-se que a quantidade de aditivos alimentícios usados no Reino Unido decuplicou nos últimos trinta anos, acompanhando o crescimento dos alimentos altamente processados como itens básicos de consumo (Miller, 1985). De acordo com Millstone (1986), a indústria de processamento alimentício no Reino Unido *despendeu 225* milhões de libras em aditivos em 1985, dos quais 85% eram aditivos "cosméticos", isto é, aditivos introduzidos nos alimentos para torna-los mais fáceis de vender dando-lhes uma aparência mais atraente" (ib.: p. 40). O progresso da substituição industrial no interior da própria indústria de aditivos é particularmente evidente na principal categoria, a dos aditivos aromatizantes e realça dores de sabor, na qual um maior conhecimento dos processos biológicos que determinam a formação e a percepção do sabor está conduzindo ao desenvolvimento de compostos de imitação sintéticos. "A tendência aponta na direção da reprodução cada vez mais fiel dos fenômenos naturais" (OECD, 1979: p. 369). Este fato destaca uma vez mais a íntima integração entre a indústria alimentícia e as firmas químicas e farmacêuticas - principais fornecedoras de aditivos alimentícios.[79]

A crescente sofisticação e a difusão das modernas técnicas de fracionamento que isolam e extraem os componentes nutricionais dos alimentos básicos para permitir sua subseqüente reconstituição como produtos finais, irá estender ainda mais esta capacidade de produzir alimentos industrializados. Um exemplo ilustrativo da tecnologia alimentar

---

[9] Marca registrada: batatinhas fritas empacotadas. (N. do T.)
[10] Moeda divisionária da libra inglesa; um centésimo (1/100) de seu valor. (N. do T.).

corrente é a introdução de produtos de proteína à base de soja, tais como os concentrados de soja e os isolados de soja de proteína quase pura, cujas propriedades funcionais fazem deles ingredientes alimentares muito versáteis. Um aperfeiçoamento adicional, também desenvolvido no processamento do feijão-soja, envolve a aplicação de técnicas de extrusão, desenvolvidas primeiramente nos têxteis e nos plásticos, à proteína em pó a fim de produzir proteínas vegetais texturizadas, "nome genérico dado a uma gama de diferentes produtos que vão de fibras a análogos de carne extruídos" (Pyke, 1981: p. 282).[80] Estes novos produtos de proteína podem ser usados para suplementar a carne natural, daí o nome de suplementadores de carne, como no caso da carne moída para hambúrgueres, ou usados completamente como sucedâneos da carne.[81] O produto pode ser "ajustado para fornecer qualquer valor nutritivo desejado através da adição de outras proteínas, vitaminas e minerais. Aromatizantes, gorduras, corantes e aglutinadores podem também ser acrescentados para simular a aparência, o sabor e a textura da carne, e para reproduzir características como frescor, suculência, elasticidade e a sensação de morder carne". (Chou *et al..,* 1977: p. 286).

Estas técnicas ameaçam eliminar a identidade de produtos agrícolas enquanto alimento *per se,* pondo em seu lugar comidas fabricadas ou "alimentos de engenharia" *(engineered joods).* A questão essencial é formular novos produtos usando ingredientes retirados apenas de fontes não-convencionais ou em combinação com insumos de matérias-primas convencionais. Como Chou *et al.* destacam:

> A preparação, empacotamento, armazenagem e conservação de alimentos industrializados seriam impossíveis sem agentes químicos tais como os emulsificadores, os estabilizadores, os aglutinadores e os aromatizantes. De fato, a tecnologia dos aromatizantes se aperfeiçoou ao ponto de poder abarcar todos os aspectos sensoriais do alimento - gosto, textura, temperatura, aroma e aparência. Deste modo, a linha divisória entre as indústrias alimentícia e química torna-se cada vez menos nítida (Chou *et al.* , 1977: p. 271).

Durante os últimos trinta anos, os alimentos processados cresceram ao ponto de dominar os padrões de consumo, embora sejam ainda alimentos tradicionais ou convencionais, refletindo o conservadorismo dos hábitos alimentares. Entretanto, as modernas técnicas de fracionamento revelam importantes direções futuras na fabricação de alimentos. Elites vão consistir cada vez mais em produtos parcial ou totalmente

reconstituídos. Estes alimentos essencialmente industrializados não apenas serão os substitutos dos produtos rurais originais, mas possuirão propriedades diferenciadoras e características próprias. Muitos desses alimentos não-convencionais tais como "creme" não-lácteo para café e coberturas cremosas sintéticas alcançaram um significativo sucesso comercial. Os substitutos do leite e dos laticínios, reconstituídos de proteínas vegetais, gorduras não-lácteas e outros sólidos, estão substituindo as proteínas do leite líquido nos mercados de leite condensado e evaporado, de pós para misturas cremosas, de comida infantil e doces (OECD, 1975). As proteínas vegetais, especialmente os produtos de soja, também estão ganhando terreno às custas do leite e dos ovos nas indústrias de pães e biscoitos e de produtos de confeitaria, já que se adaptam melhor às exigências do processamento.

A penetração de mercado alcança da pelos novos produtos de proteína, sejam por si mesmos ou combinados com alimentos naturais inteiros, refletem vantagens de custo, qualidades dietéticas e certas qualidades físicas que facilitam seu uso na produção de "comidas de conveniência" e no setor de refeições industrializadas em grande escala. As novas proteínas "melhoram as propriedades dos alimentos aos quais se misturam. Asseguram maior coesão a eles emulsificando, adensando, estendendo, estabilizando ou aperfeiçoando as qualidades cremosas. Elas tornam possível fazer com que um produto fique crocante, pastoso, denso ou espumante" (OECD, 1975: pp. 35-6). Os aromatizantes e corantes sintéticos podem ser usados com estas proteínas para imitar o produto natural. Estas inovações são realmente alimentos *industrializados,* tanto em sua concepção quanto no seu processamento, que põe seu preparo completamente fora do alcance dos recursos de um lar - "uma refeição completa, desde um primeiro prato de 'carne vegetal' com molho até a torta de 'creme', pode ser, teoricamente, preparada quase inteiramente à base de produtos de soja" (ib.: p. 35).

Todos os alimentos, naturais e sintéticos, são feitos de elementos químicos e, como vimos, o setor da pesquisa científica voltada para a indústria está revelando a composição molecular do alimento em todos os seus aspectos, desde seu comportamento no processamento industrial até os determinantes bioquímicos do sabor. Atualmente ocorre uma transição na indústria alimentícia que se caracteriza por "uma passagem da arte do

cozinheiro para o conhecimento do químico de alimentos" (OECD, 1979: p. 355). Esta transição contribui para fortalecer ainda mais o processo de produção industrial relativamente ao processo agrícola, aumentando a parte do valer agregado que cabe à indústria e reduzindo, concomitantemente, a importância da terra e de seu produto no sistema alimentar. Devido ao fracionamento e à reconstituição industrial, este sistema tornou-se muito mais complexo, com um número muito mais elevado de passos intermediários de processamento entre o campo e a mesa. Deste modo, o produto alimentício final pode estar muito distante de sua forma rural original. Esta tendência recente do substitucionismo pode ser vista como um *processo de redução,* que converte as culturas em componentes químicos para uso com "blocos de construção" na fabricação de produtos alimentícios industrialmente reconstituídos. As técnicas de fracionamento possuem, claramente, um enorme potencial latente para transformar os setores de processamento primário e para reestruturar as indústrias químicas e alimentícias.[82] Além disto, os efeitos desta reestruturação serão transmitidos, através de uma conexão para trás, à produção rural, provocando mudanças importantes no uso da terra à medida em que o fracionamento aumenta a substituição interprodutos.[83] Este ponto-chave adquire importância ainda maior pelo fato de que os principais nutrientes usados como intermediários na indústria alimentar, tais como as proteínas, os carboidratos e as gorduras, podem ser facilmente obtidos de matéria vegetal não-alimentícia e, se necessário, de hidrocarbonos. No interior da indústria alimentar, a OECD (1979) prevê como resultado último um setor de processamento que extrai nutrientes básicos e firmas situadas no final da escala vertical do processo produtivo que recombinam "os intermediários purificados e estabilizados, de caraterísticas tecnológicas e nutricionais bem definidas, transformando-os em produtos alimentícios de consumo final".

Uma variedade mais ampla de possíveis fontes de ingredientes básicos é algo atraente para os produtores finais uma vez que reduz sua vulnerabilidade às flutuações dos preços das matérias-primas ao diminuir sua dependência com relação a cadeias agroalimentares específicas. Entretanto, ainda que a demanda de intermediários estabilizados, por parte das firmas situadas nos escalões descendentes do processo vertical de produção, se constitua num grande incentivo ao fracionamento, a influência decisiva

surge de dentro do próprio setor de processamento primário. Com suas margens de lucro tradicionalmente baixas, as firmas deste setor reagiram aos custos crescentes da energia e aos preços instáveis das matérias-primas, buscando alcançar a máxima utilização da matéria-prima, de seus subprodutos e derivados. É esta pressão substitucionista no sentido de racionalizar a produção, eliminar o desperdício e descobrir novos usos para os produtos processados que despertou tanto interesse no potencial comercial das técnicas de fracionamento, reforçando as complementaridades existentes entre a microbiologia industrial, a bioquímica e a engenharia química. Foram estes desenvolvimentos que montaram o cenário no qual se dá a reestruturação da indústria de processamento alimentar à medida em que o substitucionismo entra numa nova fase, sustentado pelos avanços na aplicação industrial da microbiologia e da bioquímica.

Figura 2.1 O papel dos aditivos numa salsicha comum (Miller, 1985: p. 49):
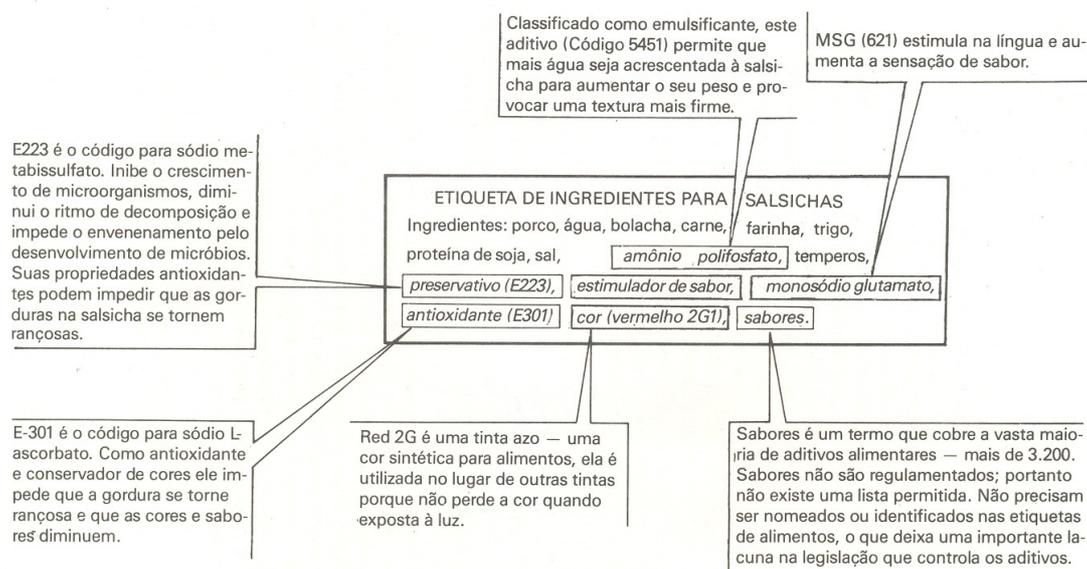
**Figura 2.1** *O papel dos aditivos numa salsicha comum (Miller, 1985: p. 49)*

## CAPÍTULO 3

### NOVOS RUMOS EM APROPRIACIONISMO E SUBSTITUCIONISMO: AS BIOINDUSTRIAS EMERGENTES

### INTRODUÇÃO

Descrevemos, nos capítulos precedentes, apropriacionismo e substitucionismo como resposta industrial específica à resistência do processo biológico da produção agrícola à transformação industrial direta. As características da indústria agroalimentar foram, portanto, moldadas pelos avanços nos conhecimentos científicos e tecnológicos e sua aplicação aos processos de produção rural. No primeiro período, de modo geral anterior a 1930, o confronto da indústria com a agricultura deu origem a padrões relativamente autônomos de intervenções mecânicas e químicas. Vimos, adicionalmente, como um importante avanço qualitativo, embora localizado, no controle do capital industrial sobre o processo de produção biológica - as sementes híbridas - levaram a uma reorientação importante na dinâmica do apropriacionismo industrial. Essa inovação genético-química promoveu maior convergência entre os ramos da agroindústria e estabeleceu a hegemonia da indústria química. No entanto, o desenvolvimento de biotecnologias modernas constitui um avanço *generalizado* na capacidade dos capitais industriais de manipular a natureza. Precisamos, portanto, examinar o impacto dessas inovações recentes nos padrões atuais de apropriação e substituição. Será o principal efeito das novas biotecnologias a aceleração das tendências atuais no sentido de sua convergência? Ou, alternativamente, virá esse potencial novo e revolucionário da industrialização da natureza expor os conflitos latentes entre as estratégias alternativas de apropriação e substituição? O presente capítulo ponderará sobre essas questões, a partir do impacto de biotecnologias recentes no apropriacionismo e substitucionismo.

Os fundamentos dessas recentes e poderosas técnicas científicas foram estabelecidos pelos avanços espetaculares em genética molecular feitos nos anos 50 e princípios de 60, que começaram a se traduzir em métodos de engenharia genética notavelmente mais simples e rápidos nos primeiros anos da década de 1970 (Cherfas, 1982). Indústrias

importantes, cujo desenvolvimento tecnológico tinha sido até então virtualmente separado, descobriram repentinamente que possuíam bases tecnológicas superpostas ou, pelo menos, contíguas. Por exemplo: biotecnologias são tão relevantes para o cientista de alimentos que utiliza processos de fermentação quanto para o geneticista, criando uma ligação considerada anteriormente, na melhor das hipóteses, como tênue (Buli *et al.,* 1982). No entanto, o alcance da biologia molecular via aplicações industriais da engenharia genética e molecular é muito maior do que até mesmo esse exemplo sugere: alcança todas as indústrias que usam ou poderiam usar materiais biológicos em lugar de recursos não renováveis. Essas incluem as indústrias energéticas, químicas. farmacêuticas, alimentares e de bebidas, agrícolas e de tratamento de dejetos. Biotecnologias modernas prometem redefinir as linhas demarcatórias e as barreiras tecnológicas, trazendo uma reestruturação de larga escala a esses importantes setores. Tais transformações estruturais, e as novas indústrias que surgirão em sua conseqüência à medida em que as biotecnologias passem a ser totalmente exploradas, podem ser descritas como um processo de bioindustrialização.

Esse processo vem ganhando impulso significativo em virtude das tendências políticas e econômicas das duas últimas décadas. A formação do cartel da OPEP e os choques de preços do petróleo dos anos 70 expuseram a clara dependência das economias industriais ocidentais aos recursos hidrocarbônicos fósseis não renováveis. Cenários pessimistas, elaborados por grupos especializados em "avaliações futuras", também levantaram o espectro dos limites dos recursos para o crescimento. A preocupação, em círculos oficiais, com a rápida exaustão dos recursos como uma possível restrição aos padrões de vida ocidentais foi reforçada por crescentes evidências científicas quanto aos altos custos sociais da poluição ambiental e degradação ecológica associados às tecnologias intensivas em petróleo usadas na indústria e agricultura moderna.[84] Tais evidências. vêm sendo crescentemente utilizadas para alimentar campanhas públicas a favor de controles ambientais mais rígidos e para dar maior substância às críticas ao consumismo desenfreado das sociedades pós-industriais e seus efeitos adversos sobre a ecologia e a fome no Terceiro Mundo.[85] Essas questões entraram agora na arena política, levando à emergência de Partidos Verdes em alguns países industriais avançados.

Nesse contexto, o advento de biotecnologias modernas promete reforçar alguns

padrões do apropriacionismo e aliviar as conseqüências ecológicas adversas da moderna agricultura intensiva em energia. Já havíamos ressaltado o impacto ambiental adverso dos padrões históricos do apropriacionismo, que transformaram a base energética da agricultura através da mecanização e do uso de fertilizantes inorgânicos e agroquímicos. Esse impacto adverso engloba, entre outros, a erosão do solo[86] e a diminuição de sua fertilidade natural, que exige aplicações progressivamente maiores de fertilizantes para manter a produtividade,[87] a destruição da fauna e da flora por agroquímicos e a perda da diversidade genética devido à difusão das variedades de alta produtividade (HYV). Como observa Perelman (1977: p. 11), "...agricultura moderna, estilo americano, consiste em transformar combustíveis fósseis em alimentos... para cada caloria de alimentos colhida, são queimadas 2 1 /2 calorias de combustível fóssil". A crise da OPEP trouxe à luz esse modelo intensivo em energia e o processo produtivo anárquico criado pelas intervenções parciais e ecologicamente desbalanceadoras da apropriação industrial. Sistemas modernos agroindustriais não são mais vistos como um mal necessário em um mundo industrializado, mas cada vez mais como uma ameaça ao meio ambiente - que permanece sendo o elemento vital na produção agrícola.

Essas tendências ressaltaram grandemente o significado comercial de tecnologias que reduzem ou eliminam os altos custos econômicos e ambientais da dependência em matérias-primas de petróleo não renováveis. Tal reorientação, dirigida para as matérias-primas biológicas, implica também em grandes mudanças correspondentes no uso dos recursos na agricultura, à medida em que as biotecnologias aumentam a eficiência da conversão da biomassa em produtos agrícolas, combustíveis e produtos químicos. A partir de meados de 1970, verbas públicas para a pesquisa, fundos privados de pesquisa e desenvolvimento e capital de risco vêm sendo atraídos em escala crescente para as disciplinas da biociência básica e engenharia bioquímica, preocupadas com inovações de produtos e processos nas indústrias que usam matérias-primas renováveis.[88] O ritmo do processo científico vem se acelerando rapidamente e, com a aplicação do poder financeiro de grandes companhias transnacionais de petróleo, químicas e farmacêuticas, uma revolução técnica está em andamento no melhoramento de plantas, nos agroquímicos e na indústria de alimentos. As novas direções do apropriacionismo e.substitucionismo, ditadas pelas

inovações de produtos e processos das modernas biotecnologias e a reestruturação que essas provocarão em indústrias afins delineiam o tema central deste capítulo.

## NOVOS RUMOS EM APROPRIACIONISMO TRANSCENDENDO AS BARREIRAS DAS ESPÉCIES

No Capítulo 1, vimos como a genética mendeliana criou as bases para um avanço importante na apropriação industrial da agricultura via sementes de milho híbrido e variedades de alta produtividade (HYV). Agora existe o prospecto de uma transformação ainda mais fundamental em melhoramento de plantas, à medida em que cientistas agrícolas procuram aplicar técnicas de engenharia genética recombinante ou "separação de genes".[89] Esse novo turno de inovações assenta-se sobre pesquisas em genética bioquímica molecular, inclusive a famosa solução de Crick e Watson para a estrutura da molécula do ADN - ácido desoxirribonucléico - publicada em 1955, bem como trabalhos subseqüentes sobre o código genético.[90] No entanto, a exploração comercial da nova genética molecular foi retardada até os primeiros anos de 1970 e o desenvolvimento do "ferramental do engenheiro genético", que simplificou grandemente a manipulação de material genético e a combinação de fragmentos do ADN de diferentes organismos e espécies.[91] A formação de uma molécula de ADN composto ou recombinante é alcançada pelo uso de vetores, como plasmídeos bacterianos ou viróticos, que agem como veículos para transferir genes entre organismos. Engenharia genética direta como essa desenvolveu-se mais rapidamente nas aplicações a células bacterianas e animais. Embora os princípios da inserção de genes estranhos seja o mesmo, os trabalhos com células vegetais tiveram um progresso mais lento inicialmente, mas essa diferença vem sendo diminuída agora em um ritmo muito mais rápido do que o previsto.

O renovado interesse corporativo pela biotecnologia, evidente desde os últimos anos da década de 1970, reflete a percepção crescente de que os novos métodos do ADN recombinante e da fusão de células estabeleceram uma tecnologia *genérica* e de base ampla para a manipulação genética seletiva, expandindo grandemente o potencial industrial da microbiologia aplicada. Essa tecnologia confere a capacidade geral para o desenho de

mudanças genéticas para ganho comercial. O maior poder dessa nova tecnologia de manipulação genética sobre as técnicas mais antigas de mutagênese e de seleção de linhagens deriva-se do fato de que os métodos recombinantes permitem que segmentos do ADN de um organismo sejam incorporados e expressos no ADN de outro. Por superar as "barreiras das espécies" às variações genéticas, as novas técnicas do ADN recombinante e da fusão de células permitem uma abordagem mais unificada, quebrando a especificidade dos métodos de pesquisas usados anteriormente nos diferentes campos da microbiologia aplicada (Bull *et al., 1982).*

Avanços recentes dão apoio à caracterização da biotecnologia como um "agrupamento" ou um "complexo" de técnicas inter-relacionadas, com aplicações estendendo-se sobre um amplo espectro de atividades intersetoriais.

A engenharia genética de plantas prenuncia potencialmente uma nova era na apropriação industrial da agricultura. Essa asserção estará amplamente justificada se as novas técnicas cumprirem a sua promessa de libertar os melhoradores de plantas de sua dependência no processo natural de fertilização sexual como o único caminho para os cultivares aperfeiçoados. "Com poucas exceções, o melhorador convencional de plantas só pode manipular os genes e cromossomos das plantas dentro dos parâmetros da natureza, isto é, dentro dos limites da reprodução sexual" (CRS, 1984: p. 4). A engenharia genética, em princípio, expandirá grandemente a base genética ao permitir que "os melhoradores de plantas introduzam genes derivados de qualquer planta, animal ou microorganismo nas variedades de culturas" (Shaw, 1984: p. 817). A remoção das barreiras das espécies tornará acessível aos melhoradores de plantas as características genéticas desejáveis não encontradas no germoplasma natural. A introdução desses métodos industriais para alcançar diversidade genética promete trazer mudanças radicais à pesquisa de melhoramentos de plantas, permitindo o desenvolvimento de cultivares adaptados a ambientes menos dotados, ou pobres de recursos, e a sistemas agronômicos menos intensivos em energia.

É prematuro sugerir que os melhoradores de plantas estarão, hoje, em condições de aproveitar todo o potencial da engenharia genética. Lacunas significativas em pesquisas de genética molecular vegetal estão ainda por ser superadas e as técnicas contemporâneas

continuam a encontrar dificuldades em conseguir a transferência de genes, a sua expressão e regeneração das células em plantas sadias (BOSTID, 1982; Rachie e Lyman, 1981). O ritmo de progresso, não obstante, vai-se acelerando rapidamente e o âmbito das aplicações comerciais já excede de longe as projeções iniciais.

Essa aceleração está evidente na pesquisa das plantas dicotiledôneas ou de folhas largas, que incluem a maioria das frutas e verduras. Sucesso em expressão genética e regeneração vegetal têm sido relatados em experimentos que usam plasmídeos indutores de tumores, ou Ti, obtidos de bactéria do solo *Agrobacterium tumefaciens,* como vetor para transferir o ADN para as células das plantas de fumo (CRS, 1984; Shaw, 1984). Sistemas de vetores de genes para o outro ramo mais importante das plantas que possuem flores, as monocotiledôneas, que abrangem os principais grãos alimentares (milho, arroz, trigo) e todas as gramíneas, têm sido mais difíceis de estabelecer, mas também esse obstáculo vem sendo agora eliminado.[92]

Ao mesmo tempo, biotecnologias vegetais algo mais antigas, em particular as técnicas de micropropagação que usam métodos de cultura de células e tecidos, têm-se tornado um complemento progressivamente mais importante para os programas convencionais de melhoramento (BOSTID, 1982). Com essas técnicas de reprodução as-sexual, células são isoladas dos tecidos vegetais e postas a crescer em solução nutrientes, obtendo-se assim um meio mais controlado para selecionar as características mais desejáveis e acelerar a sua propagação. Congênitos instantâneos que são verdadeiramente linhagens puras para cruzamento podem ser obtidos, reduzindo o tempo necessário para desenvolver novas variedades (como no caso da cevada de inverno, que diminuiu de doze para cinco anos (Kasha e Reinbergs, 1980). Os métodos de cultura de tecidos, por evitar o processo sexual normal de fertilização, criaram novas maneiras de alterar a diversidade genética das plantas, inclusive a seleção de linhagens melhoradas e mesmo a criação de novidades em cultivares retirados de células mutantes naturalmente ocorridas.[93] Na atualidade, por exemplo, a indução e seleção de mutantes úteis ao nível celular para a tolerância à salinidade e toxidez do alumínio ".. .é, provavelmente, a abordagem mais promissora para o melhoramento do arroz" (Swaminathan, 1982: p. 51).

**Algumas aplicações de "biotecnologias vegetais modernas"**

O surgimento do notável interesse de corpo rações por firmas de genética vegetal e companhias de sementes, no entanto, não foi encorajado por esses resultados já alcançados em biotecnologia vegetal, mas sim pelas perspectivas futuras de que a engenharia genética de células vegetais revolucionarão os sistemas de melhoramento de plantas e de manejo das culturas.[94] Ao remover as barreiras de espécies à reprodução das principais culturas comercializadas no mundo, essas técnicas provocarão profundas mudanças nas estruturas atuais e nos alinhamentos corporativos dos negócios agrícolas internacionais. Vários exemplos sugerem esse potencial revolucionário e os altos interesses comerciais envolvidos.[95] Como já salientamos, permanecem ainda sérios obstáculos antes que a engenharia genética do ADN vegetal se estabeleça como um método prático de melhoramento de plantas, mas esses exemplos indicam a direção geral em que as pesquisas estão se movendo.

**Fixação biológica do nitrogênio**

A possibilidade de incorporação da capacidade biológica da fixação do oxigênio nos grãos alimentares mais importantes chamou grande atenção desde a crise do petróleo da OPEP de 1973, com a quadruplicação subseqüente dos seus preços internacionais. Esses eventos trouxeram ênfase à oferta finita dos combustíveis fósseis e a precariedade das fundações dos sistemas agrícolas baseados em insumos químicos custosos, derivados de recursos não-renováveis. O nitrogênio fixado quimicamente é "o maior insumo industrial isolado, e o mais caro, dependendo de energia fóssil para a produtividade agrícola. Até 35% da capacidade produtiva de todas as culturas são atribuídas a apenas esse insumo. Ele é a fonte da maior parte da proteína alimentar." (Wittwer, 1980: p. 9). Esse vínculo crítico entre a oferta de energia e a produção agrícola no contexto dos preços do petróleo em elevação fornece o raciocínio comercial para intensificar a pesquisa sobre fixação biológica do nitrogênio (FBN).

A dependência em fertilizantes químicos como fonte de nitrogênio é devida ao fato de que as plantas são incapazes de assimilar nitrogênio, a menos que ele tenha sido fixado, ou combinado, com outros elementos, como hidrogênio, carbono ou oxigênio. Um número

limitado de microorganismos, no entanto, pode fixar o nitrogênio, reduzindo-o diretamente a amônia, que pode então ser assimilada diretamente pelas plantas. Alguns desses microorganismos são capazes de fixar O nitrogênio quando em vida livre, ao passo que outros formam associações simbióticas com as plantas, como no caso das bactérias do gênero *Rbizobium* e plantas hospedeiras da família das leguminosas, que inclui a soja, o trevo e os feijões.[96] Nas pesquisas em andamento, podem ser identificadas duas abordagens principais sobre a FBN. A primeira delas tem por objetivo aumentar a produtividade das leguminosas hospedeiras através do uso de engenharia genética para melhorar a capacidade da bactéria *(Rbizobium)* de fixar o nitrogênio. Conquanto esse objetivo pareça atingível, a segunda e mais ambiciosa abordagem é a de usar técnicas de engenharia genética para estabelecer novas associações entre bactérias fixadoras de nitrogênio e espécies de plantas, como os cereais, que atualmente dependem quase que exclusivamente de produtos químicos para obtê-lo. Este é um projeto de longo prazo, quando menos porque "o sistema de fixação do nitrogênio inclui pelo menos 17 genes... e é muito cedo para saber se a manipulação desse grande número de genes é factível" (Swaminathan, 1984: p. 30).[97] Apesar dessas dificuldades, as perspectivas de altos retornos para as companhias de sementes bem-sucedidas sugerem que as pesquisas visando à transferência de um sistema de fixação de nitrogênio para os cereais continuarão no mesmo ritmo.[98]

**Culturas resistentes a herbicidas e às pragas**

Outros exemplos ilustrativos da aplicação comercial da engenharia genética incluem a introdução de culturas resistentes aos herbicidas e às pragas, o desenvolvimento de variedades de cereais mais nutritivas e a melhor adaptação de culturas às especificações da indústria de processamento alimentar. Pesquisas para desenvolver variedades de soja resistentes ao herbicida atrazine estão em andamento, à medida em que as firmas competem por um mercado cujo tamanho é estimado em 93 milhões de dólares apenas nos Estados Unidos (Teweles, 1983). Da mesma forma, a firma de engenharia genética Calgene, com apoio financeiro da Allied Chemicai e da Continental Grain Company, conseguiu isolar "um gene que confere resistência ao Roundup, um herbicida desenvolvido pela Monsanto,... e espera criar plantas resistentes ao Roundup, especificamente o algodão, até

1989" (CRS, 1984: p. 30). A engenharia de cultivares resistentes às pragas é uma possibilidade adicional, e a maior parte das atenções está orientada para as toxinas produzidas pelas linhagens da bactéria *Bacillus thuringiensis,* que estão no mercado como inseticidas biológicos patenteados. Em pesquisas realizadas na Universidade de Ghent, financiadas pela firma de produtos químicos americana Rohm and Haas, um gene que dá os códigos para a toxina dessa bactéria foi bem sucedido ao ser incorporado a plantas do fumo. Testes de campo estão agora em andamento, mas o objetivo final é o de se aplicar essa técnica aos grãos alimentares mais importantes e desenvolver, por exemplo, um trigo livre de afídios *(The Economist, 6.4.85).*

O prosseguimento da convergência de apropriacionismo e do substitucionismo é revelado pelas aplicações da engenharia genética para viabilizar culturas alimentares com características específicas de interesse dos processadores. Esforços estão sendo feitos, no Plant Breeding Institute, na Inglaterra, para incorporar, na cevada, genes que produzirão enzimas necessárias no processo de maltização da fermentação. Nos Estados Unidos, tanto a H. J. Heinz Company como a Campbell Soup Company estão financiando pesquisas de ADN recombinante para modificar textura, gosto, cor e forma dos tomates. Aproximadamente 70 % da produção americana são industrializados, e os "processadores comerciais estão interessados primordialmente nas partes volumosas ou carnudas, que constituem apenas 5 % do tomate, enquanto que os restantes 95% são constituídos por água" (CRS, 1984: p. 44). Um consultor de indústrias estima que um aumento de apenas 1 % na proporção de sólidos no tomate adicionaria 77 milhões de dólares ao valor dos tomates processados nos Estados Unidos (Teweles, 1983). Biotecnologias modernas estão também sendo aplicadas pela Agrigenetics Corporation para melhorar o teor de proteína em cereais deficientes em aminoácidos essenciais à nutrição humana e animal.

**A apropriação privada da engenharia genética vegetal**

A semente, como esses exemplos prontamente indicam, é o "sistema de entrega" das novas biotecnologias vegetais. Assim, a aquisição dos direitos de patente sobre os cultivares melhorados contém a chave para o controle do processo de produção agrícola e para a dominação do mercado de insumos agroindustriais. Atraídas para essas

oportunidades de lucro, as firmas mais importantes de produtos químicos, farmacêuticos e de processamento de alimentos vêm assumindo controle de companhias comerciais de sementes e de firmas de pesquisas genéticas em uma escala significativa nos últimos anos, como veremos a seguir.[99] As grandes corpo rações perceberam rapidamente que para explorar essas oportunidades seria vital combinar pesquisas genéticas com a capacidade de melhoramento de plantas e com redes de comercialização. Como observa Teweles (1983: p. 519), "novas companhias de ciências agrícolas acharão vantajoso participar na comercializá-lo final da ciência via sementes".

Para companhias de amplos interesses em agroquímicos, processamento alimentar e pesquisas e desenvolvimento (P&D) em microbiologia, a aquisição de firmas de sementes e aplicações em pesquisa genética oferecem ainda um grau adicional de integração vertical. Essas aquisições podem também ser vistas como elementos integrais de uma estratégia de diversificação corporativa, particularmente para as companhias que produzem fertilizantes e biocidas (herbicidas, fungicidas e pesticidas).[100] Os mercados para esses produtos foram duramente afetados pelos aumentos nos preços do petróleo, pelos protestos ecológicos e pelas crescentemente rigorosas exigências dos regulamentos, que elevaram drasticamente os custos e riscos do desenvolvimento de novos produtos agroquímicos sintéticos (Braunholtz, 1981).

No entanto, a aquisição de companhias de sementes e firmas de genética vegetal pode ser similarmente usada para manter e ampliar significativamente os mercados para insumos químicos convencionais. Com as novas biotecnologias vegetais, poderia ser possível desenhar variedades de plantas que utilizam mais eficientemente o fertilizante químico colocado no solo e que são compatíveis com os biocidas agroquímicos patenteados. A absorção melhorada do nitrogênio fixado quimicamente poderia compensar as vantagens da fixação biológica que, de qualquer forma, absorve energia das plantas e resultaria em produtividades menores. Pesquisas correntes para desenvolver variedades melhoradas resistentes a herbicidas patenteados tais como o Roundup constituem exemplos ainda mais eloqüentes. Em suma, biotecnologias vegetais podem ser usadas para fortalecer, ao invés de enfraquecer, a dependência da produção de alimentos e fibras nos agroquímicos sintéticos tradicionais. Assim como na Revolução Verde, os novos cultivares novamente

formarão o núcleo de "pacotes tecnológicos", mas as sementes originárias da engenharia genética garantirão que os fazendeiros ficarão muito mais presos aos agroquímicos patenteados.

Esses interesses comerciais em expansão terão uma profunda influência na difusão de novas biotecnologias e nas direções futuras da pesquisa. Swaminathan (1982: p. 39) expressou receios a respeito do "crescente sigilo ligado à pesquisa biotecnológica em virtude de considerações comerciais". Uma preocupação correlata é que as atividades privadas de melhoramento de plantas estão deslocando instituições públicas como a força dominante de desenvolvimento varietal e pesquisas biotecnológicas avançadas. Assim, afirmam Kenney *et al.* (1983: p. 486) que "a alta intensidade de capital do melhoramento vegetal relacionado com a biotecnologia tornará o melhoramento vegetal público antiquado, *vis-à-vis* a sua contra parte mais bem financiada do setor privado". A concentração do desenvolvimento varietal em mãos privadas permitiria que as companhias de sementes seguissem estratégias monopolistas de preços na difusão de variedades patenteadas aperfeiçoadas geneticamente.

A evidência de que a lógica da inovação biotecnológica, com a sua alta necessidade de capital, períodos longos e arriscados de gestação e necessidade de sistemas extensivos de distribuição, está alterando o seu centro de gravidade amplamente em favor das corporações multinacionais e citadas no "Fortune 500" é inescapável.[101] Essas corpo rações estão concentradas nas indústrias usuárias em potencial da biotecnologia - farmacêutica, química, energia, alimentos, bebidas - mas não exclusivamente nelas. As grandes corporações, utilizando-se de suas experiências em P&D , vastos recursos e métodos flexíveis de financiamento, dominam atualmente a biotecnologia comercial e, progressivamente, a direção da pesquisa fundamental. Essa dominação, que estende-se ao espectro das biociências, foi conseguida pela aquisição de lotes de ações ou controle integral de firmas de pesquisas genéticas, formação de *joint-ventures* ou sociedades limitadas de P&D, pelo financiamento, com capital de risco, de firmas privadas que investem em biotecnologia, contratos de pesquisas com universidades e expansão de suas próprias atividades de P&D.[102] Essas alternativas de envolvimento são, freqüentemente, seguidas simultaneamente, como no caso da Monsanto, ICI, Hoechst e W.R. Grace.

Como um resultado, a maior parte das mais avançadas firmas de P&D em biotecnologia e "mesmo muitas das companhias relativamente pequenas de biotecnologia, são, efetivamente, transnacionais em termos de âmbito de ação e impacto de suas atividades, direta ou indiretamente, através de ligações com transnacionais que operam em todo o mundo (Morehouse e Dembo, 1984: pp. 1-48-49). Por exemplo, uma das novas firmas líderes em pesquisas biotecnológicas, a Biogen, foi formada por iniciativa da International Nickel, hoje Inco Ltd., que atraiu outros capitais de risco da Schering Corporation, da Monsanto e da Grand Metropolitan. A internacionalização da biotecnologia também está evidente no caso de uma firma líder norte-americana, a Genetech: "Além de Eli Lilly, a Genetech mantém ligações correntes com várias corporações transnacionais de diferentes setores industriais, inclusive com a Hoffman La Roche, AB Cabi, Monsanto Company, Corning Glassworks, Hewlett Packard, Fluor Corporation, Lubrizol Corporation, Alva Laval AB e Volvo (ib.: p. 48).

Exemplos das conexões corporação-universidade são mostradas na Tabela 3.1; tal lista poderia ser multiplicada várias vezes, e incluiria a maior parte das mais importantes companhias químicas, farmacêuticas e de energia. Apesar de os detalhes específicos dos contratos variarem, eles podem incluir pesquisas em colaboração entre cientistas das universidades e das corporações e acordos de pesquisas que alocam os direitos de patente às universidades e os de licenciamento e desenvolvimento comercial à corpo ração que proporcionou O apoio financeiro. Os esforços internos de pesquisas em biotecnologia das grandes corporações estabelecidas são detalhados demais para serem expostos individualmente, mas existe ampla evidência de que essas atividades estão sendo intensificadas. Isso pode ser exemplificado pelo complexo de pesquisas de 85 milhões de dólares recentemente estabelecido pela Du Pont, que será devotado principalmente ao desenvolvimento de novos produtos farmacêuticos e agroquímicos. Na Europa Ocidental, a tendência em direção à pesquisa em suas próprias instalações pelas corporações químicas e farmacêuticas gigantes tem sido reforçada pelo apoio governamental, dada a fragilidade dos laços das universidades com a indústria e o número limitado de novas firmas de biotecnologia. Grandes corporações que receberam esse tipo de assistência incluem a ICI e a Tate & Lyle na GrãBretanha e a Hoechst na Alemanha Ocidental. Apoio estatal para

iniciativas corporativas também está subjacente na decisão do governo britânico de privatizar a National Seeds Development Organization (Organização Nacional para o Desenvolvimento de Sementes) do Plant Breeding Institute no Reino Unido. Para a ICI, uma das principais competidoras, essa aquisição reforçaria a sua compra, em 1985. da Garst Seeds. Significativamente, o chefe do novo International Seeds Business da ICI é também o presidente da Divisão de Proteção Vegetal da Companhia *(Financial Times,* 18.3.1986). Também no Japão são as maiores companhias as mais ativamente envolvidas na exploração comercial das aplicações da biotecnologia e elas, mais uma vez, têm sido as principais beneficiárias de verbas públicas.

A concentração do controle pelas grandes corporações está tornando-se rapidamente uma realidade na indústria de sementes comerciais. Um observador comenta que "é bastante certo que... apenas as mais fortes e ágeis companhias independentes de sementes ou aquelas que são subsidiárias de multinacionais que possuem seus novos departamentos de ciências agrícolas contarão, no futuro" (Teweles, 1983: p. 520). De acordo com a mesma fonte, as corporações mais importantes adquiriram acima de 75 companhias de sementes nos últimos anos. Aquisições feitas no início dos anos 70 parecem ter sido estimuladas por estratégias de integração vertical, especialmente no caso das companhias agroquímicas cujos produtos freqüentemente são específicos para certas culturas ou mesmo variedades (Kenney *et al.,* 1983). Incentivos comerciais tinham sido anteriormente fortalecidos pela aprovação da Lei de Proteção de Cultivares (US Plant Varieties Protection Act) em 1970, alguns anos depois da aprovação de leis similares na Europa Ocidental. A tomada subseqüente de firmas de sementes, investimentos acionários e contratos de pesquisas em novas companhias de P&D refletem o crescente interesse comercial em biotecnologia e as vantagens adicionais de ganhar acesso a um novo e importante campo de avanço tecnológico. Algumas multinacionais que tomaram parte na primeira onda de aquisições de companhias de sementes foram a Royal Dutch Shell, Ciba-Geigy, Sandoz, Pfizer e UpJohn (ver Tabela 3.2). Compradores mais recentes incluem Atlantic Richfield, Elf Aquitaine, ITT, ICI e Lafarge Coppee. Estes nomes sugerem a lucratividade potencial das biotecnologias vegetais e as barreiras contra novas entradas que provavelmente serão levantadas pelos pesados dispêndios em P&D de cultivares melhorados.

Para esse fim, grandes companhias químicas e farmacêuticas européias estão atualmente fazendo uma campanha vigorosa para que a proteção de patentes seja estendida às variedades de plantas desenvolvidas utilizando as novas técnicas de engenharia genética. Na Europa, ao contrário dos Estados Unidos, novas variedades de plantas não podem ser patenteadas no momento, apesar de a posse ser garantida pelos direitos dos "melhoradores"; uma profunda revisão da Convenção Européia de Patentes, de 1973, seria necessária para mudar essa posição. Se isso ocorresse, os produtores convencionais poderiam se encontrar em sérias dificuldades, uma vez que as grandes corpo rações argumentam que, para garantir um retorno satisfatório à sua P&D, as patentes deveriam proteger tanto o gene criado quanto as plantas nas quais é incorporado (Dickson, 1985). Isto é, a patente cobriria não apenas a variedade original mas também novas variedades desenvolvidas dessa linhagem subseqüentemente. No momento, os direitos dos produtores aplicam-se às novas variedades, mas não às variedades-mãe das quais se originaram.

Esta breve discussão ressalta o renovado vigor do apropriacionismo em luta para subjugar o processo biológico da produção agrícola ao controle industrial direto. Apesar de ainda em estágio experimental, as novas biotecnologias vegetais oferecem uma miríade de oportunidades de ganho comercial, seja por deslocar os fertilizantes químicos convencionais, seja por criar cultivares totalmente dependentes de agroquímicos patenteados. Engenharia é uma metáfora adequada para descrever um processo tecnológico que promete reduzir a semente ao *status* de um insumo industrial, sujeito a mudanças de "projeto" precisamente controladas para atender às considerações comerciais.

As inovações em perspectiva, originárias da engenharia genética vegetal, também revelam a continuidade histórica do apropriacionismo. Primeiro, em sua ação para eliminar os parâmetros que governam o processo de produção biológica, neste caso, a "barreira das espécies" à diversidade genética e melhoramento das culturas. Segundo, enquanto a terra continua a ser um elemento material da produção, como uma "máquina" através da qual as culturas são processadas, as inovações iminentes em melhoramento de plantas representam um passo adicional significativo em direção ao seu controle direto pelo capital industrial. A eficiência dos sistemas de produção baseados no meio rural é valorizada, enquanto que o papel da terra declina concomitantemente. Esse aparente paradoxo fica resolvido quando se

reconhece que a tendência intrínseca dessas inovações é a de diminuir a influência da qualidade da terra e do ambiente fisico-químico como determinantes da produção e da produtividade.

Como vimos, as variedades de alta produtividade (HYV) da Revolução Verde reduziram a importância relativa da terra no processo de produção rural. O alcance do completo potencial genético para a alta produtividade possuído por essas plantas delicadas e "feitas sob medida" depende fortemente de insumos industriais, como pesticidas, para reduzir o estresse ambiental e estabelecer condições favoráveis ao crescimento. Essa abordagem de "recursos abundantes" para a produção agrícola coloca um alto valor na criação de ambientes férteis e controlados para genótipos cuidadosamente adaptados a essas condições por programas seletivos de melhoramentos[103] (Boyer, 1982). Como efeito, "a maior parte das variedades de alta produtividade de trigo, milho e arroz... é inaplicável para grandes áreas do mundo em desenvolvimento em virtude das condições adversas de solo, como acúmulo de sais, excesso de ferro e alumínio ou alta acidez" (Brady, 1982: p. 848).

Ao relaxar as restrições à variação genética representadas pelo germoplasma natural, a engenharia genética proporciona aos melhoristas um âmbito enormemente ampliado para explorar as diferenças genéticas em resistência a doenças, tolerância ao estresse ambiental e eficiência em absorver nutrientes de determinado solo. Uma vez que as plantas diferem significativamente em sua capacidade de conviver com ambientes adversos, a seleção entre os genótipos capazes de explorar mais efetivamente recursos escassos oferece a perspectiva de se alcançar grandes produções com administração menos intensiva (Boyer, 1982). Com a engenharia genética vegetal, será muito mais fácil, no futuro, programar "contra" a natureza, pela adaptação de culturas agriculturalmente importantes a ambientes mais pobres e hostis, ao invés de se concentrar no seu reverso, como se faz hoje. Tal intervenção no ciclo natural de reprodução poderia ser usado para trazer enormes benefícios à humanidade, através da ampliação da produtividade e das margens de lucro dos cultivos em solos mais pobres. Ela seguramente abre um novo e lucrativo capítulo na apropriação industrial da agricultura.

**Biotecnologia e produção animal**

A engenharia genética também possui um futuro promissor na produção animal e, novamente, as aplicações comerciais estão crescendo mais rapidamente do que o previsto inicialmente (ata, 1986).

Esse futuro depende da continuidade dos avanços na pesquisa fundamental em biologia animal mas, nesse meio tempo, certas "tecnologias mais especulativas" vieram à tona, inclusive fertilização *in vitro,* clonagem, geminação e fusão de células (Ota, 1981). Esses métodos, combinados com a transferência de embriões, vêm crescentemente encontrando aplicações práticas em programas de melhoramentos seletivos. Por exemplo, cientistas britânicos

> tiveram sucesso ao dissociar as células de embriões de ovelhas em desenvolvimento, de tal forma que cada célula pode ser induzi da a se desenvolver em embrião próprio, e daí a uma ovelha adulta. Um embrião pode produzir cinco ovelhas. A progênie resultante é geneticamente idêntica (Yoxen, 1983: p. 164).

Capitais industriais têm encontrado oportunidades importantes para acumulação em saúde e nutrição animal e biotecnologias recentes provavelmente as ampliarão consideravelmente. Atualmente, companhias químicas e farmacêuticas produzem uma ampla gama de suplementos alimentares animais, inclusive concentrados vitamínicos, aminoácidos e hormônios para acelerar o crescimento, aumentar o peso vivo e melhorar as qualidades da carne, tais como maciez e durabilidade. Na produção de suínos, por exemplo, das 800 libras de alimentos necessários para trazer o porco ao peso de abate de 220 libras, "de 100 a 200 libras consistem dos suplementos protéicos, minerais e vitamínicos requeridos para suprir os déficits nutricionais do milho e outros cereais" (Pond, 1983: p. 98).

Esses déficits incluem os chamados aminoácidos essenciais, como a lisina e a metionina, que os animais precisam para formar proteínas. Esse grande mercado potencial tem atraído firmas de pesquisas biotecnológicas e, como vimos anteriormente, uma abordagem que vem sendo seguida é a de aplicar "técnicas de engenharia genética para melhorar o balanceamento de aminoácidos em proteínas de cereais" (CRS, 1984: p. 102). Outros projetos procuram diminuir os custos desses aditivos nutricionais via incremento da eficiência dos métodos de fermentação bacteriana usados para produzir aminoácidos

essenciais. Pond (1983: p. 102) sugere que a produção de aminoácidos a preços competitivos pela biotecnologia permitiria grandes economias em proteína alimentar: "as necessidades metabólicas do animal poderiam ser atendidas por uma alimentação de baixa proteína, combinada a uma mistura bem balanceada de aminoácidos." Os custos de alimentação na produção de suínos poderiam também ser diminuídas dramaticamente se os porcos pudessem digerir a celulose, o maior constituinte das fibras vegetais. A longo prazo, o uso de engenharia genética para alterar a atividade da microflora do trato intestinal poderia remover essa restrição à produção de suínos.

O mercado para hormônios promotores do crescimento é extremamente lucrativo, mas os hormônios naturais, produzidos pelos ovários ou testículos dos animais, são muito escassos e custosos. Substitutos sintéticos para dois hormônios são produzidos pela Roussel Udaf e pela International Minerals Corporation. No entanto, grupos de pressão de consumidores levantaram a preocupação quanto às possíveis propriedades carcinogênicas e outros efeitos colaterais, e conseguiram, pelo menos temporariamente, que seu uso fosse banido na Comunidade Econômica Européia. Essa situação vem encorajando pesquisas sobre alternativas mais baratas não-esteróides, e diversas firmas conseguiram usar bactérias obtidas por engenharia genética para produzir hormônio de crescimento para bovinos. Esse novo produto deve aumentar a produção de leite nas vacas leiteiras e elevar a proporção entre carne e gordura nas carcaças de bovinos e ovelhas *(The Economist, 25.2.84).*

> Dada a enorme importância das indústrias leiteiras e de carnes, não é de surpreender que quatro da mais importantes companhias de engenharia genética estão visando a uma parcela do vasto mercado potencial para o hormônio de crescimento bovino, que representa, só nos Estados Unidos, entre 250 dólares e 500 milhões de dólares por ano. O gene já foi clonado, e é provável que o produto esteja disponível em meados de 1990, seguido provavelmente pelas suas contrapartes para ovelhas e suínos (Prentis, 1984: p. 131).

Relata-se que uma firma da Califórnia, a Applied Molecular Genetics (Amgen), está testando um hormônio de crescimento para galinhas produzido por bactérias desenhadas por engenharia genética (CRS, 1984). Esse hormônio não tem o propósito de "fazer galinhas maiores, mas sim o de fazer galinhas normais crescerem mais rápido", reduzindo assim os custos de alimentação (ib.: p. 121). Esses acontecimentos recentes deram origem a previsões de que as atividades de melhoramento animal estarão bem à frente das

transformações qualitativas de curto prazo na agricultura, iniciadas pelas modernas biotecnologias (Ota, 1986).

Importantes companhias químicas e farmacêuticas encontraram também mercados substanciais em produtos de saúde animal, e esses produtos representam uma parte importante de suas atividades diversificadas[104] (Ota, 1984). Em 1981, por exemplo, tais produtos contribuíram com 13 % das vendas corporativas totais da Pfizer e da Eli Lilly, as duas firmas americanas líderes no setor. Apesar de o tempo necessário para a sua aplicação comercial ainda ser incerto, espera-se que a biotecnologia tenha um impacto substancial na produtividade e saúde animais (BOSTID, 1982). Assim, o uso de técnicas de hibridização celular para produzir anticorpos monoclonais resultará provavelmente em vacinas novas e melhoradas. Alvos dos mais relevantes para as pesquisas incluem as vacinas contra a febre aftosa, que constituem o maior volume de vacinas, com um valor de mercado estimado em 250 milhões de dólares, em 1981[105] (ata, 1984). Outras aplicações comerciais possíveis para a biotecnologia em saúde animal são os produtos de diagnóstico de doenças, vacinas bacterianas e novos antibióticos. Esses novos mercados estão, mais uma vez, firmemente em mãos de grandes capitais corporativos e multinacionais, com seus programas bem estabelecidos de P&D e sistemas mundiais de comercialização. A perspectiva, então, é a de que essas mesmas companhias estenderão seus padrões de controle precisamente de-senhados ao desenvolvimento comercial tanto da biotecnologia animal quanto da vegetal.

### Biotecnologias e automação

No primeiro capítulo, chamamos a atenção para a pronunciada especificidade da mecanização da agricultura uma vez que, em contraste com a indústria, a natureza não podia ser reduzida ao *status* de um insumo. A máquina mantinha-se subordinada às peculiaridades da natureza como o substrato básico da produção e, conseqüentemente, era a máquina móvel, o trator, que veio a simbolizar a apropriação do trabalho. Desobstante isso, com a progressiva, apesar de desuniforme, industrialização das atividades baseadas na terra, elementos do processo de produção agrícola têm-se tornado crescentemente mensuráveis e previsíveis, diminuindo as incertezas da natureza. Isso pode ser visto, por exemplo, pela

medida dos coeficientes de insumo/produto para uma ampla gama de atividades, tais como a resposta produtiva à aplicação de fertilizantes e de biocidas, e os fatores de conversão de alimentos na produção de gado, leite e aves. A capacidade de prever e quantificar insumos e produtos, derivada tanto da apropriação industrial da natureza quanto do maior conhecimento dos processos biológicos e ambientais, fornece as bases para a aplicação da microeletrônica, tecnologia de computadores e automação. Tais oportunidades emergiram inicialmente em contabilidade de custos, composição de rações, compra de insumos e controle de estoques, análise de dados da fazenda e dos mercados e uso de bancos de dados. No entanto, à medida que a apropriação enfraquece o domínio da natureza, haverá escopo crescente para a aplicação direta da automação ao próprio processo de produção. Em adição ao caso especial das culturas de estufas, não constitui realmente surpresa descobrir que o uso de microprocessadores e da automação está bem avançado nas atividades criatórias onde a separação da terra também chama a atenção. As implicações dessa separação radical estão particularmente evidentes na produção de frangos, com sistemas de monitoria e controle baseados em computador que podem ser comparados favoravelmente com aqueles usados em muitos ramos da indústria de transformação. Na produção de leite, espera-se que estábulos totalmente automatizados estejam em operação na Europa Ocidental em 1990 (Cross, 1985).

O controle eletrônico do aquecimento e ventilação de estufas vem dos anos 50, mas técnicas consideravelmente mais avançadas, baseadas em microprocessadores, têm acompanhado a introdução de sistemas intensivos de produção hidropônica (Cox, 1982). Estes podem ser planejados com monitoria e controle computadorizados de todas as condições ambientais, como temperaturas do ar e das regiões das plantas e das raízes, concentrarão de CO2 e ritmo de renovação e troca de ar. As tarefas de plantio de sementes, transplantes após a germinação, preparo de solução de nutrientes, adubação foliar, colheita e empacotamento podem também ser automatizadas. O sucesso econômico dessa "agricultura de ambiente controlado" depende fundamentalmente da eficiência volumétrica, que requer altas densidades de plantio e alta rotatividade para garantir um fluxo virtualmente contínuo de produção e, portanto, redução dos custos unitários[106]. A racionalização desses sistemas é a de "mudar a produção de certas culturas de uma

operação agrícola sujeita aos caprichos da natureza para um processo industrial controlável, previsível e repetitivo que ofereça os mais altos retornos" (Eisenberg, s.d.). Neste exemplo, a esfera da natureza fica essencialmente limitada ao processo biológico "interno" do crescimento vegetal, uma vez que as condições ambientes são otimizadas. As biotecnologias modernas correntes desenvolvem atualmente novos e poderosos métodos para penetrar diretamente e com grande precisão neste processo biológico. A natureza em si está caindo sob controle industrial, e as biotecnologias fornecerão brevemente plantas feitas "sob medida", planejadas especificamente para atender aos requisitos da agricultura automatizada e de ambiente controlado.

A sofisticação da microeletrônica e das técnicas de automação vêm também encorajando sua aplicação a máquinas de campo, que incorporam a inteligência artificial e sistemas avançados de sensoreamento. Programas-projetos atuais de P&D na Europa Ocidental incluem projetos de robôs para colheita auto matizada de frutos e automatização da aração e semeadura (Cross, 1985). Nesses casos, no entanto, a automatização aparece como uma adaptação ao problema do espaço, e representa a complementação do processo de mecanização. É esclarece dor que a automatização seja provavelmente aplicada primeiro aos pomares, que são menores que os campos e onde as árvores podem ser uniformemente espaçadas. Em suma, os equipamentos de campo auto matizados estão sujeitos a todos os problemas que tradicionalmente confrontam a mecanização agrícola, particularmente a produção descontínua, tarefas variadas e espaçadas, maquinário subutilizado e altos custos unitários para o capital. Em comparação com as atividades industriais, a automatização de operações simples de trabalho nas fazendas exige um nível tecnológico muito mais avançado. A substituição do trabalho normal de colheita por robôs envolve sofisticadas aplicações da inteligência artificial e de sistemas de sensoreamento que ainda estão em estágio de projeto ou de protótipo. Apesar disso, à medida que as dificuldades de oferta de trabalho se intensificarem e que os problemas técnicos sejam resolvidos, a robótica agrícola será provavelmente crescentemente aplicada aos cultivos de campo aberto. Ao mesmo tempo, as dificuldades de automatizar operações de campo em ambientes físicos variados e em mudança demonstram novamente as contradições intrínsecas de industrializar um sistema de produção que permanece fortemente dependente da natureza. Assim, esses

obstáculos provavelmente fortalecerão as tendências em direção à substituição industrial.

Podemos, dessa forma, distinguir duas avenidas principais abertas para a automatização da agricultura. A primeira, que acabamos de descrever, reforçará a antiga tendência de substituir o trabalho humano por maquinaria nas atividades tradicionais de campo. A segunda, representada pelos atuais desenvolvimentos em produção animal e hidroponia, baseia-se em prévios avanços da apropriação industrial em nutrição e genética animal, que liberaram certos setores agrícolas das restrições relacionadas com a terra e condições ambientais não controladas. O prospecto seguinte, agora, é de que o processo biológico do crescimento vegetal e animal possa ser "projetado" e programado através de biotecnologia para fins comerciais. Em seu limite, portanto, a aplicação combinada das biotecnologias e da automação fornece uma solução industrial integrada para a produção agrícola.

A integração mais estreita da biotecnologia e da automação também vem dando maior ímpeto ao substitucionismo em indústrias alimentícias e de processamento de fibras. Dessa maneira, técnicas avançadas de fermentação estão sendo ligadas ao desenvolvimento de biossensores e sistemas de computação para permitir o controle, por microprocessadores, dos processos biológicos (Dunnill e Rund, 1984). Tais inovações removem barreiras tecnológicas que previamente separavam a indústria alimentícia dos outros setores de engenharia de processos, especialmente o químico e o farmacêutico. Essa integração intersetorial é promovida, adicionalmente, pelo impacto de biotecnologias modernas na extensão da capacidade de intercâmbio dos insumos materiais entre os alimentares e não-alimentares, como veremos a seguir. O nexo emergente entre a biotecnologia e a automação transformará progressivamente a indústria alimentícia em um setor de alta tecnologia, facilitando a sua incorporação à maior e mais genérica indústria de transformação de matérias-primas.

## SUBSTITUCIONISMO E BIOINDUSTRIALIZAÇÃO

As tendências recentes no substitucionismo, capturadas pelo termo "bioindustrialização", são determinadas pela fronteira móvel da inovação tecnológica na indústria alimentícia, da engenharia mecânica para a engenharia química e biológica. Essa

transição foi prenunciada por desenvolvimentos anteriores em técnicas de separação e fracionamento, as quais valeram-se fortemente de métodos de engenharia química. No entanto, à medida em que essa transformação tecnológica ganha velocidade, o seu principal elemento motivador será a aplicação de métodos do ADN-recombinante, de engenharia genética, à microbiologia industrial.

Essas técnicas trazem a promessa de aumentar significativamente a variedade dos elementos constituintes de alimentos que podem ser produzidos por microorganismos em condições industriais controladas. No momento, "as reações químicas, através das quais a maioria das matérias-primas e componentes alimentares são sintetizados, ocorrem em ambientes agrícolas" (Dunnill, 1981: p. 204). A verdadeira importância revolucionária da engenharia genética é que a primazia desses "ambientes agrícolas" poderia ser questionada no futuro por biotecnologias industriais, mesmo que seletivamente, e transpor essas reações químicas para a fábrica.

As biotecnologias recentes, portanto, fortalecerão a ação do substitucionismo por afrouxar ainda mais a dependência da indústria alimentar na agricultura convencionalmente definida. Simplesmente a quantidade de matérias-primas e componentes, ou mesmo combustível, fibras e produtos químicos, que podem ser convertidos em produtos alimentares aumentará muito significativamente. A combinação de uma seleção mais ampla de componentes e a conversão mais eficiente em ingredientes alimentares reforçarão grandemente as pressões atuais nas cadeias agroalimentares e provavelmente provocarão uma reestruturação radical em certos setores alimentares. O impacto dos xaropes de milho de alto teor de frutose (XMAF) na indústria açucareira é um desses casos, como veremos a seguir.

O uso de micróbios, em particular os fermentos, na produção de alimentos e álcool, é claro, é uma prática muito antiga. Tais antecedentes são reconhecidos por Haas (1984) ao rever as perspectivas de contribuição da engenharia genética às indústrias alimentares tradicionais:

> As indústrias da panificação, de destilação, vinícolas e de alimentos fermentados utilizam o metabolismo microbiano em seus processos. A manipulação genética das culturas dos inoculantes iniciais poderia *melhorar a eficiência dessas reações e a qualidade de seus produtos.* A engenharia genética representa uma ferramenta

> poderosa com a qual esses objetivos poderiam ser alcançados mais rapidamente[107] (Haas, 1984: p. 76; grifo nosso)

Assim, as técnicas de ADN-recombinante da engenharia genética têm implicações comerciais diretas para a eficiência das tecnologias industrias de fermentação *vis-à-vis* métodos de produção alternativos, isto é, tecnologias que utilizam a atividade biocatalítica dos microorganismos como agentes da transformação química para processar matérias-primas e produzir compostos selecionados para a indústria química, farmacêutica e alimentar. Dois processos gerais podem ser identificados como alvos para aplicações industriais de engenharia genética: "Na tecnologia da fermentação, os organismos vivos servem como fábricas em miniatura *para converter matérias-primas em produtos finais.* Na tecnologia das enzimas, catalisadores biológicos extraídos desses organismos vivos são usados para fabricar os produtos" (Ota, 1981: p. 50; grifo nosso).

A fermentação pode ser aplicada a muitas matérias-primas hidrocarbônicas as quais, por usa vez, podem provir de uma grande variedade de fontes, seja a biomassa, inclusive resíduos de culturas, de florestas ou de indústrias, seja de combustíveis fósseis. A tecnologia de enzimas é um desenvolvimento adicional à tecnologia da fermentação, envolvendo a identificação da enzima que participa de uma conversão química particular e a sua extração da célula viva.[108] Essencialmente, "Uma enzima que age dentro de uma célula para converter uma matéria-prima em um produto pode também fazer isso fora da célula" (ib.: p. 53).

Com o advento da engenharia genética, os bioquímicos adquiriram um poderoso novo ferramental para melhorar a eficiência dos catalisadores biológicos utilizados na fermentação industrial, seja com células inteiras ou com enzimas isoladas. Essas melhorias incluem níveis mais altos e mais produtivos de fermentação, adaptação, e matérias-primas diferentes e características planejadas para obter maior tolerância às pressões da produção em escala industrial. "A engenharia genética... permite ao pesquisador mudar o aparato hereditário de uma célula viva, de tal forma que ela possa produzir mais do mesmo produto ou produtos químicos diferentes, ou mesmo executar funções completamente novas" (ib.: p. 55). Por aumentar tanto a produtividade quanto a versatilidade dos microorganismos, os métodos do ADN-recombinante estão transformando, simultaneamente, a economia da

biocatalisação e estendendo as suas possíveis aplicações à transformação de alimentos e outras indústrias.[109]

Conquanto persistam dificuldades operacionais, principalmente no aumento da escala das operações, de laboratórios e plantas-piloto para níveis industriais de produção, os avanços técnicos alcançados pelos métodos do ADN-recombinante representam uma das descobertas mais importantes para o controle industrial dos processos de produção. Atualmente, o número de microorganismos industriais comprovados é limitado, e o *know how* da engenharia de processos está concentrado nos fermentos e uns poucos microfungos. Da mesma forma, apesar de os bioquímicos haverem caracterizado acima de um milhar de enzimas, apenas cerca de uma dúzia deles são responsáveis por mais de 90% do mercado comercial de enzimas (Ulmer, 1983).[110] A dificuldade não é só encontrar a enzima que possa produzir um determinado produto, mas também uma que possua propriedades que a faça adequada para uso em processos industriais. Convencionalmente, buscas extensas de enzimas que ocorrem naturalmente são necessárias para descobrir a enzima apropriada.[111] Os geneticistas, então, induzem mutações e procedem a uma seleção cuidadosa em um esforço para encontrar os mutantes mais produtivos que a população básica. A engenharia genética traz refinamentos significativos a esses métodos convencionais, uma vez que agora os microorganismos e as enzimas podem ser modificados e melhorados para fins industriais de uma maneira direta, controlada e previsível.[112] Os capitais industriais, em suma, estão adquirindo a capacidade de manipular os "princípios químicos básicos da vida" (Prentis, 1984).

Ulmer (1983) espera com confiança, sem dúvidas, "uma capacidade mais generalizada para a engenharia molecular", permitindo que biocatalisadores, inclusive enzimas novas não encontradas na natureza, sejam criados com determinados processos industriais e matérias-primas em mente.[113] Outros pesquisadores são menos entusiasmados sobre os prospectos de "desenhar" novas enzimas a partir do zero para catalisar reações orgânicas específicas, e sugerem que o progresso virá mais provavelmente através da mudança de estrutura e funcionamento de enzimas existentes (Perutz, 1985). Seja qual for a direção tomada, no entanto, não podem existir dúvidas de que a engenharia genética irá dotar a indústria de fermentação com biocatalisadores melhores e seleção mais ampla de

materiais para processamento. Essas mudanças são de significado particular para a agricultura e a agroindústria.

**Engenharia genética na indústria de alimentos: alguns exemplos recentes**

Em recente levantamento, a OTA (1981) dividiu as aplicações da engenharia genética em duas grandes categorias. Uma envolve o planejamento de microorganismos que são usados diretamente na fabricação de alimentos, seja como agentes ativos de processamento ou como fontes de substâncias e aditivos (tais como vitaminas, aminoácidos, preservativos ou aromatizantes). Estimativas atuais sugerem que a biotecnologia pode alcançar níveis comerciais de eficiência na produção de muitos compostos e microorganismos requeridos pela indústria alimentícia. Uma seleção ilustrativa de tais produtos é mostrada na Tabela 3.3. A segunda categoria das aplicações compreende a manipulação genética de microorganismos selecionados para melhorar a sua eficiência na conversão de diferentes materiais em alimentos para homens e animais. Nas páginas seguintes, nos concentraremos nesse segundo grupo e examinaremos diversos exemplos recentes de biotecnologia no processamento de alimentos.

**Proteínas de célula única**

As proteínas microbiais de célula única (PCU) foram definidas como "células secas de microorganismos como algas, actinomicetos, bactérias, fermentos, mofos e fungos mais elevados, cultivados em sistemas culturais de larga escala para uso como fontes de proteínas para a alimentação humana e animal" (Litchfield, 1983: p. 740). Na alimentação animal, a proteína de célula única pode ser usada ao invés de farelo de soja e de peixe como suplemento protéico, e possui uma função semelhante na alimentação humana, embora neste caso seja necessário um processamento adicional para reduzir as concentrações relativamente altas de ácidos nucléicos (OTA, 1984). Organismos para produzir a PCU têm sido cultivados em uma variedade de materiais orgânicos, inclusive amido, metano, parafinas, metanol, etanol e lignocelulósicos[114]. Os hidrocarbonetos tiveram uma breve e, mais tarde, cara proeminência nos anos 60, antes de sofrerem um sério golpe pelos choques

de preços do petróleo da OPEP em 1973 e 1979-80. No entanto, países superavitários em gás natural e deficitários em alimentos, como a União Soviética e os Estados Árabes membros da OPEP, perseguem ativamente, agora, os seus interesses na tecnologia de PCU baseada no metano, trazendo implicações bastante significativas para o comércio mundial de proteínas vegetais.[115]

A partir do início dos anos 70, as atenções foram transferidas dos substratos hidrocarbônicos para matérias-primas alternativas renováveis, inclusive a utilização de dejetos e efluentes. Esses córregos, que freqüentemente contêm matéria orgânica vinda das indústrias de processamento químico, fábricas de papel, laticínios, fábricas de alimentos e usinas de energia, estão sendo analisados como fontes potenciais de produtos para a fermentação, tais como a PCU. Deve ser enfatizado que a energia e a biomassa dos dejetos e os alimentos que poderiam produzir são todos subprodutos incidentais de sistemas mais amplos. "O significado especial dessas possibilidades dos subprodutos repousam em seu volume potencial. Com base na economia de subprodutos, de custos pequenos ou negativos, pode-se injetar rapidamente muitos volumes de nutrientes baratos, de fontes completamente novas, na cadeia alimentar" (Kastens, 1980: p. 217). Essas possibilidades têm atraído o interesse de grandes corpo rações, inclusive de algumas, como a Bechtel, Dow Chemical e General Electric, normalmente dissociadas da indústria alimentar.

As perspectivas comerciais das rações animais de PCU dependem dos preços relativos das tortas de soja e de peixe, e eles continuam a favorecer as fontes tradicionais de proteína. É claro que a utilização de dejetos orgânicos e dos efluentes que necessitam de tratamento por razões ambientais, ou de recursos hidrocarbônicos subsidiados, podem criar circunstâncias especiais que facilitem o seu desenvolvimento comercial. Uma ameaça adicional aos mercados exportadores mundiais de soja vem das aplicações de engenharia genética aos processos de fermentação bacteriana com o objetivo de reduzir os custos industriais da produção de aminoácidos estratégicos, como mencionamos anteriormente. Dessa forma, a lisina, a metionina, o triptofano e a treonina podem ser combinados com o farelo de milho para que este alcance o mesmo valor nutritivo da soja. A produção desses aminoácidos a baixo custo faria as rações animais de baixo teor de proteína mais competitivas e intercambiáveis, minando a atual proeminência da proteína de soja.

A demanda da PCU para consumo humano, até o momento, está baseada em seu uso como suplemento protéico e suas características funcionais para o processamento, ao invés de como uma fonte primária de proteína nas dietas humanas (Litchfield, 1983). A esse respeito, uma interessante e recente inovação consiste na produção da micoproteína, um microfungo cujas propriedades texturais podem ser usadas para simular a textura das proteínas animais mais facilmente do que, por exemplo, a soja. Consta que carnes, aves e peixes têm sido, todos, imitados satisfatoriamente tanto em textura quanto em sabor. O novo produto foi lançado pela New Era Foods, uma joint venture da ICI e da Rank Hovis McDougaIl (RHM), e vendida a fábricas para uso em alimentos novos e simulados.[116] Em janeiro de 1985, a J. Sainsbury lançou uma saborosa torta cujo principal ingrediente é a micoproteína, que vem sendo promovida pelas suas qualidades nutritivas e de saúde, particularmente pela ausência de gorduras animais e de colesterol. De acordo com as notícias veiculadas pela imprensa:

> É um produto natural derivado de cereais, de forma que não contém gorduras animais ou colesterol. Ele contém até coisas que a carne não possui - coisas saudáveis como fibras digestíveis. Peso por peso, o produto de micoproteína contém menos calorias que a carne. Parece e tem sabor de carne de boi. Possui o valor da carne. Nós utilizamos a micoproteína para fazer uma torta nova e excitante. E nós seguimos, todo o tempo, os princípios da comida saudável (Sainsbury plc, 24.1.1985).

Em contraste com o longo processo de produção da proteína animal, a micoproteína tem um tempo de duplicação de apenas cinco horas. É produzida pela fermentação contínua de uma linhagem selecionada do *Fusariumgraminearum,* sobre um substrato de glicose. Ademais, apesar de a glucose ser normalmente obtida do amido de trigo ou de milho, quase que qualquer carboidrato - arroz, mandioca, melaço e resíduos de processamento de alimentos - pode servir de matéria-prima. Isso ressalta o potencial comercial do processo, uma vez que os carboidratos baratos podem ser transformados em proteína de alto teor. "A micoproteína é suave, tem textura própria e poder pronunciado de absorver e reter sabores e cores, o que a faz ideal como componente dos mais importantes nos produtos semelhantes à carne" (ib.).

Aqui podemos ver a ameaça direta e imediata representada pela biotecnologia às fontes convencionais de proteína animal, inclusive mesmo as de instalações altamente

automatizadas de produção animal, que incorporam as inovações mais recentes em genética, alimentação animal e nutrição. O calcanhar-de-aquiles dos sistemas convencionais de produção de proteína animal é a sua dependência da ineficiente conversão metabólica, pelos animais, da proteína vegetal em proteína animal. O possível uso de engenharia genética para adaptar os suínos para digerirem a celulose, a fim de reduzir os custos de alimentação, revela essa contradição básica com uma clareza particular (pond, 1983). Substitutos da proteína vegetal, especialmente análogos de carne baseados em soja, representaram uma ameaça inicial à indústria de proteína animal. Com a micoproteína, no entanto, este setor enfrenta agora o desafio de um processo exclusivamente industrial capaz de reproduzir as qualidades texturais, nutricionais e outras características da carne fresca e desengordurada.

Os produtos da criação animal podem vir a sofrer brevemente o ataque de ainda outra área, desta vez da produção rural. Inovações em biologia molecular vegetal abrem a possibilidade científica de transferir material genético, de tal forma que plantas podem vir a produzir as proteínas do leite, conhecidas coletivamente como caseína. Um estudo recente do caso examinou as implicações, para a agricultura da CEE, do sucesso na produção, a preços competitivos, da caseína sob a forma de protema de sementes vegetais (Technical Change Centre, 1985). A produção leiteira de 3,2 milhões de vacas, 13% do rebanho da CEE, seria deslocada, juntamente com os 2-2,5 milhões de hectares hoje usados em seu suporte. Tal queda no rebanho da CEE reduziria o mercado de cereais em pelo menos 2 milhões de toneladas por ano, e liberaria 0,5 milhão de hectares para outras culturas (ib.: p. 24). Essas estimativas, admitidamente conjecturais, fornecem um exemplo adicional eloqüente sobre o impacto de biotecnologias modernas na mudança das possibilidades de substituição e de intercâmbio não só entre os produtos industriais e da terra, mas também entre diferentes categorias da produção rural.

**Adoçantes artificiais**

Inovações em engenharia de processo desempenharam um grande papel na ampliação das aplicações comerciais da catálise biológica - de forma espetacular, no caso dos adoçantes de alta frutose derivados do milho. Para certas enzimas industriais, como as

amilases e proteases utilizadas no processamento de alimentos, a sua perda em produtos ou efluentes não aumenta proibitivamente os custos de produção. Esse não é geralmente o caso, no entanto, de outras enzimas, devido aos caros procedimentos exigidos para isolá-las e purificá-las. O desenvolvimento recente de técnicas de imobilização de enzimas relaxou essa restrição significativamente ao reter enzimas em suportes porosos, o que "permite que sejam usadas como reagentes, através dos quais um substrato é passado" (Fairtlough, 1984: p. 579). Essas técnicas permitem, assim, que as enzimas sejam usadas várias vezes, aumentando grande mente a sua vida operacional e, dessa forma, reduzindo os custos.

A maior aplicação industrial da tecnologia da enzima imobilizada está na isomerização parcial da glicose derivada do amido de milho, formando os xaropes de milho de alto teor de frutose (XMAF).[117] Esses adoçantes de baixas calorias estão sendo amplamente utilizados pela indústria de alimentos e constituem exemplos dos efeitos da reestruturação industrial da biotecnologia. Em adição à inovação do processo de imobilização de enzimas, a competitividade da indústria de XMAF dependia crucialmente do aperfeiçoamento genético das enzimas glucoamilases, de forma a produzir o XMAF com um conteúdo aproximado de 42% de frutose[118]. Mais um fator que contribui são os altos preços de garantia do açúcar nos Estados Unidos.

A produção dos xaropes de milho de alto teor de frutose (XMAF) já provocou efeitos importantes de substituição entre adoçantes naturais e artificiais na indústria alimentar, particularmente nos Estados Unidos e no Japão, os maiores importadores mundiais de açúcar de cana. Em 1980, por exemplo, estimou-se que o uso do XMAF reduziu as importações americanas de açúcar em cerca de 1,3 bilhão de dólares (OTA, 1984). A recente e amplamente divulgada decisão da Coca-Cola, seguida mais tarde pela Pepsi-Cola e outros fabricantes de refrigerantes, de substituir os adoçantes naturais pelo XMAF é indicativa dessa tendência generalizada. "A produção de XMAF nos Estados Unidos aumentou de virtualmente nada em 1970 para 10% de toda a produção de adoçantes caloríficos em 1980" (OTA, 1981: p. 112). Stewart (1983: p. 68) oferece estimativas mais precisas sobre a penetração comercial e uso industrial do XMAF nos Estados Unidos: "Hoje, cerca de 28% do mercado americano de adoçantes nutricionais e cerca de 45% do mercado industrial total de açúcar é do XMAF, do qual 2 milhões de toneladas são usadas pelos produtores de

refrigerantes, 0,5 milhão pela indústria de panificação e 1,2 milhão para alimentos processados".

Na Europa, a CEE adotou regulamentações especiais em 1977 para restringir a expansão da produção de XMAF e proteger os produtores locais de beterraba açucareira. Ao comentar os esforços da CEE para retardar esses efeitos de substituição, Sharp (1982: p. 25) menciona que "os dias do açúcar... estão provavelmente contados... trinta anos atrás poucos teriam sonhado que o açúcar, um dos principais produtos no mercado internacional... poderia essencialmente desaparecer de uso; hoje é bastante possível que isso possa acontecer nos próximos vinte anos". Outros observadores fornecem uma visão menos apocalíptica, mas não pode haver dúvidas de que o XMAF estar restruturando dramaticamente as cadeias agroalimentares baseadas no açúcar de cana.[119]

O sucesso comercial do XMAF, por sua vez, estimulou a produção competitiva de outros adoçantes de baixas calorias, tais como o aspartame, a monelina e a taumatina. Patenteado pela companhia farmacêutica G.D. Searle, o espartame é sintetizado quimicamente de dois aminoácidos obtidos biossinteticamente através de fermentação. Estão em andamento pesquisas para substituir a síntese pela biossíntese. O espartame é amplamente utilizado em bebidas para dietas, cujo consumo está aumentando rapidamente nos Estados Unidos e cujo volume de vendas anuais excede, de acordo com o anunciado, os 2 bilhões de dólares. A monelina e a taumatina são substâncias naturais derivadas de plantas da África Ocidental, cujo poder adoçante é cem mil vezes maior do que o do açúcar de mesa. É possível que a produção microbiana desses adoçantes seja competitiva com a sua extração das plantas (OTA, 1981). A Tate & Lyle, uma das líderes mundiais na comercialização e refino do açúcar, está testando atualmente um novo adoçante chamado "sucralose". Esse composto é organicamente baseado no açúcar, mas é seiscentas vezes mais doce. De acordo com notícias divulgadas pela imprensa, a "sucralose" é mais barata que o aspartame, armazena melhor e é mais resistente ao calor, o que sugere que encontrará mercado facilmente na fabricação de alimentos.

Outras matérias-primas estratégicas estão ameaçadas também pelas biotecnologias. Por exemplo, a Cadbury Schweppes está usando técnicas de cultura de tecidos para desenvolver aromatizantes sintéticos do cacau (YanchitlSki, 1985). O objetivo imediato

parece ser a utilização de grãos de cacau de baixa qualidade, mas o desenvolvimento bem-sucedido dos aromatizantes sintéticos permitiria maior flexibilidade no uso das gorduras vegetais, solapando o monopólio de uma matéria-prima específica de alta qualidade. Isso exacerbaria grandemente a já intensa controvérsia na CEE sobre a forte regulamentação dos ingredientes do chocolate. Nos seis membros originais da CEE, o termo "chocolate" é reservado aos produtos nos quais a manteiga-de-cacau é a única gordura utilizada, enquanto que até 5 % de outras gorduras vegetais podem ser usados na Inglaterra, Irlanda e Dinamarca. Fabricantes de alimentos e confeitarias provavelmente farão pressões em favor de provisões legais menos restritivas, caso as inovações técnicas tornem as gorduras vegetais mais baratas substitutos aceitáveis para a cara manteiga-de-cacau. Técnicas de cultura de tecidos também têm sido aplicadas pela Unilever para clonar variedades de dendê de alta produtividade e isentas de doenças. Ao mesmo tempo, no entanto. existem também trabalhos em andamento para reproduzir as qualidades do óleo de dendê, através do tratamento enzimático de óleos de menor qualidade. Também aqui a substituição industrial, através de biotecnologia, continua a sua longa luta em direção à independência dos insumos agrícolas específicos.

**Impactos mais amplos da biotecnologia nos recursos agrícolas combustíveis e produtos químicos**

Esta breve discussão indica que a microbiologia industrial será uma força possante na transformação das cadeias agroalimentares. No entanto, esses impactos potenciais no uso dos recursos estendem-se bem além das mudanças na indústria alimentar. As novas biotecnologias aumentarão a eficiência com a qual *todas as formas de biomassa,* sejam produtos agrícolas, resíduos de culturas, de madeira ou dejetos orgânicos, *são convertidos para todos* os *usos,* não apenas em produtos alimentícios, mas também em combustíveis e produtos químicos.[120] Aqui podemos apenas sugerir superficialmente as mudanças possíveis na base de matérias-primas e de insumos de setores industriais importantes. O programa brasileiro do etanol, para produzir combustível para automóveis e insumos químicos a partir da cana-de-açúcar, é particularmente instrutivo, embora poucos países sejam tão bem dotados de terras.[121]

Atenção considerável tem sido dirigida para os materiais celulósicos, a principal fonte de biomassa, como matéria-prima para a produção de combustível (etanol, metano), produtos químicos e alimentos (Eveleigh, 1981; Ng *et al.,* 1983). Mais recentemente, tem existido crescente interesse nos processos de fermentação para a conversão microbiana direta da celulose em etanol, e está atualmente em andamento uma busca ativa para encontrar microorganismos mais eficientes. A importância potencial dos métodos do ADN recombinante no processamento e fracionamento da biomassa é realçada por Eveleigh (1981: p. 554), que acredita que "eles facilitarão a produção fermentativa de produtos químicos mais rápida e eficiente, além de permitir a utilização de uma gama maior de substratos".

Ng *et al.* (1983) examinaram recentemente as perspectivas de "uma indústria química da biomassa", e identificaram os resíduos lignocelulósicos de culturas, a serragem e o amido do milho como as matérias-primas mais prováveis. No presente os métodos de processamento das lignoceluloses ainda estão em fase de desenvolvimento, e não podem competir com a hidrólise do amido como fonte de açúcar, apesar dos custos mais baixos dos materiais celulósicos. Independentemente das considerações de custos, Ng *et al.* (1983) indicam que os oxiquímicos obtidos por fermentação microbiana de recursos renováveis poderia responder por 23% da produção americana total de produtos químicos orgânicos, cujo valor atual de mercado excede os 15 bilhões de dólares, enquanto que derivados desses oxiquímicos poderiam representar uns 26% adicionais. "A microbiologia de fermentação com recursos renováveis (amido e celulose) tem o potencial para produzir uma grande parte dos oxiquímicos e seus derivados, que constituem a maior parte dos insumos químicos" (ib.: p. 739).

A promessa das vias da fermentação para as matérias-primas químicas primárias e os seus derivados também é salientada por

Parker (1980), que prevê a expansão de uma indústria "sacaroquímica". Espera-se que essa expansão siga por dois caminhos principais, a começar pela produção de derivados especializados da sacarose de alto valor, de uso industrial como aditivos alimentares (emulsificadores, agentes aromatizantes, adoçantes) e resinas sintéticas. A segunda via envolve a produção de insumos químicos primários baseados na conversão microbiana da

sacarose em etanol, de alto volume e baixo valor.[122] O etanol "pode ser convertido de forma simples e barata em etileno ... por tecnologia bem comprovada. ...

Uma ampla gama de produtos químicos intermediários pode ser derivada do etanol usando reações e tecnologia de processos convencionais" (Parker, 1980: p. 123). O uso da sacarose para produzir insumos químicos volumosos dependerá fundamentalmente do preço do açúcar, relativo ao de matérias-primas alternativas, como petróleo e carvão.

**Implicações adicionais para a agricultura e a produção de alimentos**

As implicações totais desses desenvolvimentos tecnológicos no uso de recursos na agricultura são obviamente incertas no presente. No entanto, à medida que o progresso em biotecnologia fizer mais eficientes os métodos de conversão da biomassa, os custos relativos e as possibilidades de substituição entre materiais alternativos para a produção de alimentos, combustíveis e produtos químicos mudarão, talvez dramaticamente. Dessa perspectiva mais ampla e de longo prazo, ação do substitucionismo via microbiologia industrial é novamente a de reduzir a importância da agricultura, definida como a produção de culturas nos campos, associada com sistemas específicos de alimentos e fibras para o processamento e distribuição. As novas biotecnologias exporão crescentemente a redundância dessa concepção tradicional. Em essência, essas técnicas avançadas ameaçam *trivializar* a agricultura, transformando-a em uma entre diversas fontes competitivas de matéria orgânica para conversão e fracionamento da biomassa. Assim, a posição privilegiada das culturas convencionais de campo nos padrões atuais de uso da terra serão crescentemente desafiados.

Esta análise de novas formas do substitucionismo indica que a indústria alimentar está entrando em um período de transição tecnológica, à medida em que a fonte principal das inovações dirige-se para as biociências e a engenharia bioquímica. A base técnica do processamento alimentar em mudança vai criando novos pontos de entrada para as companhias químicas e farmacêuticas, que levarão à reestruturação significativa da indústria. O prêmio final é a dominação e a posse, por patentes, dos conhecimentos científicos e da tecnologia de engenharia de processos necessários ao controle das complexas reações biológicas e atividades microbianas envolvidas na fabricação de

alimentos. Essas mudanças técnicas e suas repercussões nas estruturas industriais e nas cadeias agroalimentares são adequadamente descritas como bioindustrialização.

O efeito cumulativo dessa tendência é obscurecer a especificidade ou "identidade" dos bens produzidos no meio rural, reforçando o movimento de longo prazo do substitucionismo para reduzir a parcela da agricultura e da terra no valor agregado gerado pelo sistema alimentar.[123] Métodos aperfeiçoados de fracionamento e inovações bioindustriais melhoraram grandemente as oportunidades de se criar alimentos reconstituídos em fábricas. Ingredientes alimentares genéricos, derivados de uma grande variedade de matérias-primas, inclusive de fontes "não convencionais", ganharão terreno progressivamente às expensas de bens individuais "completos". Em seu limite, a noção de uma indústria alimentar de transformação fica difícil de se manter. Poderemos precisar falar, ao invés disso, de uma indústria de transformação dos elementos químicos constituintes dos alimentos, reconhecendo que as culturas alimentares tradicionais constituem apenas uma das diversas fontes possíveis.

Essas tendências prenunciam padrões de produção agrícolas e de comercialização de "materiais" de biomassa no meio rural, onde as considerações dominantes serão o conteúdo de amido, glucose e outros subprodutos da química de carboidratos, e a sua demanda derivada em produtos finais de alimentos reconstituídos. A distinção crítica que revela o alcance essencial do substitucionismo é entre a demanda direta do milho para, digamos, milho assado na espiga, farinha de milho ou ração animal e a demanda derivada de carboidratos e proteínas. Como vimos, com tecnologias alimentares crescentemente sofisticadas, *a forma* pela qual o alimento humano é consumido pode sofrer, agora, alterações radicais. A indústria alimentar, apoiada pela aceleração do ritmo de transferência da tecnologia originária de firmas químicas e farmacêuticas, pode não só substituir os alimentos tradicionais, *in natura* ou semiprocessados, por substitutos reconstituídos fabricados, ou também criar novidades e produtos inteiramente novos. É provável que as fronteiras do substitucionismo sejam definidas tanto pelos gostos e pela lealdade dos consumidores aos alimentos orgânicos completos quanto pelas restrições técnicas e de engenharia.

## CONCLUSÃO

Biotecnologias modernas penetram, atualmente, até o centro do processo de produção biológica e, por conseguinte, desafiam as premissas originais sobre as quais a agroindústria foi estabelecida. Anteriormente, os limites à manipulação biológica definiam esferas de interesses contíguas, mas relativamente independentes, entre os capitais apropriacionistas e substitucionistas. Nos últimos vinte anos, aproximadamente, essa divisão foi corroída pela aplicação dos avanços em engenharia de processos químicos ao processamento e fabricação de alimentos. Isso estimulou crescente convergência e integração vertical entre as atividades industriais, polarizadas, respectivamente e, em volta da apropriação e da substituição. Agora, no entanto, está surgindo um novo paradigma tecnológico, baseado em biotecnologias modernas, que provocará uma reestruturação radical dessas indústrias, à medida que os capitais realinham as suas atividades para defender posições já estabelecidas e explorar novas oportunidades. Essas inovações quebram ligações estratégicas nas cadeias agroalimentares que juntam subsetores agrícolas específicos com as suas contrapartes industriais. Como resultado, as relações entre os capitais industriais no sistema alimentar tornar-se-ão crescentemente antagonísticas, e as rivalidades serão intensificadas por novas entradas no mercado à medida que as biotecnologias redefinem as condições para essa entrada.

Em um extremo, à medida em que a biologia molecular vegetal desenvolve o seu potencial como força produtiva, levanta-se o prospecto de ajustar a natureza de tal maneira que será acelerada a transição para os sistemas agrícolas automatizados e de produção contínua, no contexto do apropriacionismo. Isto é, está surgindo um novo processo de trabalho industrial com base no produto agrícola. Biotecnologias vegetais modernas também transformarão a maneira pela qual o produto é integrado ao sistema alimentar subseqüente. Assim, o aumento do controle industrial da biologia vegetal permitirá a manipulação direta das propriedades nutricionais e funcionais das plantas cultivadas, acelerando as tendências em direção à integração vertical completa.

Ao mesmo tempo, a competência biotecnológica cria novas perspectivas para a substituição industrial, que terá o efeito de reforçar a tendência de trivialização do produto agrícola. Novas técnicas de processamento transformarão esse produto, alimentos ou não,

em componentes químicos básicos ou intermediários de usos múltiplos e competitivos. Culturas agrícolas serão crescentemente "reduzidas" ao *status* da biomassa, diferenciáveis pela sua composição química, tornando-se efetivamente intercambiáveis como matérias-primas para posterior processamento. Em suma, a distinção entre matérias-primas alimentares e não-alimentares como fonte de produtos finais específicos está desaparecendo rapidamente.

Essa intercambialidade crescente traz tantas oportunidades quanto perigos para os capitais entrincheirados nas cadeias agroalimentares bem estabelecidas. A elevação da indústria do amido de milho, com a sua ampla gama de produtos, ilustra essa oportunidades. Por outro lado, avanços recentes da biotecnologia, especialmente a possibilidade de produção em larga escala da proteína de célula única, utilizando-se de uma grande variedade de matérias-primas intercambiáveis, golpeiam o próprio coração do sistema alimentar. Especificamente, a proteína de célula única ameaça potencialmente a posição de comando usufruída pelos interesses ligados aos grãos, às rações e à criação de animais. Esses capitais, assentando-se nos ganhos de produtividade do apropriacionismo, estruturaram o sistema alimentar moderno e dirigiram, com sucesso, a sua internacionalização. As recentes pesquisas sugerem, no entanto, que o complexo cereais/carne moveu-se rapidamente para enfrentar, em sua instância, esse desafio e eliminou efetivamente a ameaça da proteína de célula única. Assim, Byé e Mounier (1984) argumentam que o fracasso retumbante da PCU em penetrar os mercados mais importantes de alimentos e rações nos anos 70 não foi devido apenas a custos não competitivos, como aceito pela sabedoria convencional. Ao contrário, refletiu também o sucesso de uma bem orquestrada campanha de relações públicas, conduzida por esses poderosos interesses ligados aos cereais e à carne, que relegou a PCU a nichos estreitos e especializados do mercado.

Conseqüentemente, a despeito do potencial *técnico* manifesto para acelerar e completar o processo de substituição do produto rural via proteína de célula única, a biotecnologia tem sido usada, ao invés disso, para fortalecer os interesses primários dos processadores, através do desenvolvimento de novos usos para os produtos e do aperfeiçoamento da utilização de subprodutos. No entanto, o custo dessa estratégia é o de

intensificar a competição entre produtos primários diferentes e os seus capitais agroindustriais associados, uma vez que, à medida que a capacidade de conversão biotecnológica em produtos genéricos intermediários continue a melhorar, tais produtos perderão progressivamente a sua especificidade.

Essa disputa pode ser exemplificada pelo esforço, nos Estados Unidos, para explorar a versatilidade do milho, que vem emergindo como a base de um setor de agricultura/alimentação/energia/produtos químicos. Interesses associados ao milho conseguiram mobilizar apoio estatal para a consolidação de uma indústria diversificada de amido, e o milho é a matéria-prima para o programa americano do etanol. A aplicação de novas técnicas de processamento também criou novos mercados para o milho no sistema alimentar, tanto para ração animal - o glúten de milho - como para o mais importante adoçante industrial. Como vimos, os xaropes de milho de alto teor de frutose, produzidos com a tecnologia de enzimas imobilizadas, estão ganhando espaços significativos nos mercados tradicionais do açúcar. Por sua vez, os interesses ligados ao açúcar responderam com o desenvolvimento de adoçantes competitivos baseados no açúcar e diversificando-se em uma indústria sacaroquímica. No Brasil, o programa do etanol promete fornecer a base para uma nova bioindústria diversificada, utilizando-se do açúcar de cana. O açúcar também é usado como matéria-prima para uma indústria de proteínas de célula única em Cuba. Dessa perspectiva, o potencial da biotecnologia foi mobilizado para defender interesses ligados a produtos específicos, embora às custas de uma maior competição entre matérias-primas agrícolas.

No entanto, apesar de as biotecnologias terem acelerado a diversificação de produtos nos setores do milho e do açúcar, isso não elimina a dinâmica em direção à substituição industrial. Não são o milho ou o açúcar, mas os carboidratos, as matérias-primas básicas da nova bioindústria, e eles podem ser derivados de uma variedade de fontes agrícolas, tanto de culturas alimentares como não-alimentares. Da mesma forma, o sucesso dos xaropes de milho de alto teor de frutose estimulou o surgimento de produtos competitivos, inclusive o aspartame, "sucralose" e outros, enquanto que programas de etanol nos Estados Unidos e no Brasil dependem de pesados subsídios estatais, cujos custos foram acentuados pelo colapso recente nos preços do petróleo.[124] A diversificação, assim,

fornece uma solução vulnerável ao desafio substitucionista representado pela produção industrial de proteínas para o uso humano e animal.[125]

Pode-se argumentar que a tendência em direção à substituição industrial é reforçada por novos padrões de consumo de alimentos, embora novamente existam fatores contrários importantes em funcionamento. Uma vez que os requisitos biológicos básicos são atingidos, o conteúdo "natural" de comida torna-se, paradoxalmente, um obstáculo ao consumo. Se é para promover o aumento da ingestão ao mesmo tempo em que se observam recomendações dietárias, então os alimentos precisam ser mais altamente processados para se reduzir o conteúdo de calorias, gorduras insaturadas e açúcares. Produtos animais e laticínios, os produtos finais do complexo do milho, estão entre os alimentos mais ameaçados por essas tendências, como indicado claramente pela queda no consumo *per capita* de carne nos Estados Unidos.[126] Alternativamente, técnicas industriais de produção de proteína "animal" podem ser facilmente adaptadas para atender a esses requisitos dietéticos e, como vimos no caso da micoproteína, elas eliminam a necessidade de cereais para a alimentação. Dada a sua capacidade de converter carboidratos de baixo valor em proteínas de alto valor, esses métodos industriais diretos acelerarão a transição de uma agricultura de produção de culturas para uma de produção de biomassa.

Concomitantemente, no entanto, a biotecnologia revitalizará o apropriacionismo e reforçará a posição do produto natural rural. A engenharia genética vegetal promete criar variedades de culturas feitas sob medida para atender os requisitos nutricionais e de processamento, além de adaptados a processos de produção que permitem a aplicação da microeletrônica. A "agricultura de ambiente controlado" lidera, aqui, os rumos futuros, mas a automação encontrará também um crescente papel nos cultivos de campo aberto. Como já sugerimos, a combinação da biotecnologia e da microeletrônica fornece as fundações para a apropriação industrial completa da agricultura e de produto natural. Com a crescente resistência dos consumidores a produtos altamente processados, esses métodos industriais ainda novos representam maneira inovadora de integrar os produtos agrícolas no sistema alimentar urbano.

A biotecnologia, portanto, abre novas trajetórias para a industrialização da agricultura. Essas incluem desde o substitucionismo puro e simples, com a produção fabril

ou industrial dos alimentos, com base em matérias-primas não-alimentares, ou mesmo não-agrícolas, até as tecnologias da fermentação. Por outro lado, existem alternativas apropriacionistas igualmente radicais, que exploram a biotecnologia para valorizar o produto agrícola e, mais especificamente, manter o complexo cereais/carne como o fulcro do moderno sistema alimentar. Ao seu limite, essas trajetórias estão em posição direta e implicam em uma competição feroz. Em um plano mais pragmático, a questão crucial é: qual será o peso relativo dessas duas tendências, uma vez que, em conjunto, elas definem o contexto para a organização futura do sistema alimentar?

Tabela 3.1
Grandes contratos entre companhias e universidades

| Contrato | Universidade | Valor do contrato | Ano do acordo | Descrição |
|---|---|---|---|---|
| Celanese | Yale | USS 1,1 milhão em 3 anos | 1982 | Pesquisa básica em enzimas |
| Du Pont | Harvard Medical School | USS 8 milhões em 5 anos | 1981 | Pesquisa genética fundamental |
| Engenics (a) | Stanford, MIT, Califórnia | USS 2,4 milhões em 4 anos | 1981 | Engenharia Química e pesquisa em biotecnologia |
| Exxon | MIT | USS 7 e 8 milhões em 10 anos | 1979 | Estudos de métodos de combustão mais eficientes e não-poluentes |
| Hoechst | Massachusetts General Hospital (filiado à Harvard Medical School) | Pelo menos USS 70 milhões em 10 anos | 1980 | Criação do Departamento de Biologia Molecular |
| L.eicester Biocentre (b) | Leicester | USS 1,25 milhão em 5 anos | 1983 | Genética de fermentos |
| Monsanto | Washington University, St. Louis | Pelo menos USS 23,5 milhões em 5 anos | 1982 | Pesquisa básica e orientada para produtos sobre proteínas e peptídeos |
| Monsanto | Oxford University | USS 1,2 milhão em 5 anos | 1983 | Química do açúcar |
| Pharmacia | Uppsala | USS 4 milhões em 6 anos | 1982 | Biologia molecular |

(a) A Engenics é uma "joint venture" da Bendix, General Foods, Koppers, Noranda Mines e Elf Aquitaine.
(b) O Leicester Biocentre é *uma joint venture* da John Brown, Dalgety-Spillers, Dístillers Gallaher e Whitbread.
Fonte: Financial Times, 11.9.84

Tabela 3.2
Aquisições de companhias de sementes e investimentos de grandes corporações

| *Corporações* | *Companhia de Sementes (a)* |
|---|---|
| Royal Dutch | Nickerson |
| Shell Sandoz | Northrup King |
| Ciba-Geigy Pfizer | Funk Seed International Trojan |
| Rorer Amchen | Jacques |
| Upjohn | Asgrow |
| Cargill | PAG |
| Celanese | Celpril; Moran; e Joseph Harris (b) |
| Elf Aquitaine ITI | St. Jeannet Lassere |
| Atlantic Richfield | Burpee |
| ICI | Dessert |
| Lubirzol | Garst |
| Lafarge Coppee | Sigco |
| | Wilson Hybrids; Orsan |

(a) Podem incluir subsidiárias completas ou firmas em que grandes corporações mantêm controle significativo.
(b) Estas companhias foram vendidas pela Celanese em dezembro de 1984 à Lafarge Coppee, grupo internacional baseado na França.
Fonte: Teweles (1983); Kenney et *al.* (1983) e relatos pela imprensa.

**Tabela 3.3** *Aplicações potenciais da engenharia genética e compostos de microorganismos úteis à indústria alimentícia*

| *Categoria de Produto* | *Processo típico de sintetização* | *Uso final* |
|---|---|---|
| *Aminoácidos* | | |
| Glutamato | fermentação | aromatizante, enriquecimento alimentar |
| Cisteína | extração | enriquecimento alimentar |
| Lisina | fermentação | aditivo, enriquecimento alimentar |
| Metioina | químico | aditivo, enriquecimento alimentar |
| *Enzimas/Proteínas* | | |
| Amilases | fermentação | suplemento para a farinha, agente de esmagamento, alimentos para crianças |
| Glucose isomerase | fermentação | produção do xarope de milho de alto teor de frutose |
| Proteases | fermentação | amaciante para carne, produtos com sabor de queijo |
| Renina | fermentação | processos de transformação industrial |
| *Microorganismos* | | |
| Fermentos | fermentação | cervejas, panificação, vinhos |
| *Vitaminas* | | |
| B-2, B-12, D | fermentação | aditivo, enriquecimento alimentar |
| C | semi-sintético | aditivo, enriquecimento alimentar |
| E | extração | aditivo, enriquecimento alimentar |
| *Alifáticos* | | |
| Glicerol | químico | texturizante |
| Sorbitol | químico | agente antiencaroçador |
| Ácido propiônico | químico | preservativo alimentar |
| *Peptídeos Curtos* | | |
| Aspartame | químico | adoçante |

**Fonte:** OTA (1981: Apêndice I-B); Haas (1984)

## CAPÍTULO 4

### ESTRUTURAS SOCIAIS RURAIS

### DEBATES E PERSPECTIVAS

Mostramos, nos capítulos precedentes, como as características específicas da agricultura como processo de produção natural induziram a padrões *sui generis* de industrialização, solapando e redefinindo constantemente as características de produção rural. Antes de enfocar as principais tendências empíricas na transformação das estruturas rurais é útil, portanto, considerar como a nossa abordagem altera o terreno tradicional dos debates sobre a questão agrária. Desde as contribuições clássicas do marxismo até as recentes teses sobre o complexo agroindustrial, a questão em tela tem sido o status da agricultura no contexto do desenvolvimento capitalista. Como veremos, no entanto, a problemática da agricultura, como um sistema natural de produção em si, permanece escondida por trás de debates sobre os méritos respectivos dos modos de produção capitalista *versus* produção camponesa, e uma forte - quase que exclusiva - preocupação com as relações sociais de produção.

Dados os resultados da Revolução Russa, a ruptura dos debates europeus provocada pelo fascismo e o impacto subseqüente dos movimentos camponeses pós-1945 no Terceiro Mundo, é desafortunado, mas talvez inevitável, que a contribuição russa, mais especificamente a leninista, tenha vindo a definir os termos do "clássico" debate, obscurecendo as análises alemãs, mais cheias de nuanças, do mesmo período. Isso resultou em uma representação seletiva desse debate, reduzindo-o artificialmente à questão da "diferenciação camponesa". Essa interpretação estreita é exacerbada por uma limitação crucial da literatura russa e suas contrapartes modernas; isto é, o seu caráter intrinsecamente dogmático. As principais posições ficaram entrincheiradas em um tempo no qual a modernização da agricultura russa (com a exceção parcial da fronteira dos cereais) ainda estava em sua infância. No entanto, os termos de referência estabelecidos nos famosos debates de Lênin com os Warodniks serviram para polarizar e restringir muito das discussões subseqüentes.

Do ponto de vista leninista, a agricultura, como natureza, não tem nenhuma

especificidade e, portanto, as relações sociais de produção típicas da produção fabril industrial serão reproduzidas no contexto rural. Os argumentos são familiares demais para precisar serem repetidos. A chave empírica dos argumentos de Lênin, em adição aos vários indicadores da integração produto-mercado, é a consolidação de um mercado de trabalho rural e, com ele, o crescimento do proletariado rural como base produtiva da agricultura. No entanto, só por ignorar as peculiaridades da produção rural é que Lênin poderia equalizar o trabalho assalariado com a penetração das relações de produção capitalistas. Como os seus oponentes populistas avisaram, o trabalho externo temporário tem sido uma característica estrutural na agricultura camponesa, precisamente porque um processo de produção dominado pela natureza cria demandas desiguais sobre o trabalho nas diferentes fases do ciclo cultural.

Lênin, na verdade, fundiu dois argumentos: a penetração das relações de trocas capitalistas no campo, neste caso no *mir* (a com una russa), e a reprodução das relações de trabalho assalariado, típicas do capitalismo, no processo de produção agrícola. Conquanto o primeiro fosse o ponto teórico crucial, o último era um corolário político necessário para Lênin, em sua busca por aliados rurais. Depois da revolução camponesa de 1905, Lênin foi forçado a reconhecer a fraqueza teórica de sua posição, mas insistiu, apesar disso, sobre a "tendência". A defesa dogmática da tendência foi, subseqüentemente, o aspecto predominante de uma linha completa de análises leninistas até os dias de hoje.

Como uma alternativa à industrialização capitalista, a primeira geração dos populistas defendeu uma unidade original da indústria e da agricultura dentro do *miro* No entanto, nas condições pós-revolucionárias muito diferentes dos anos 20, Chayanov postulou uma nova aliança, com o capitalismo assumindo as atividades "industriais" da agricultura, enquanto que a unidade camponesa manteria as atividades intrinsecamente agrícolas. Essa tese de articulação, conquanto incompatível com a tese geral de Chayanov sobre a dinâmica autônoma da reprodução camponesa, viria a servir, paradoxalmente, como um modelo para teorizações marxistas posteriores sobre o complexo agroindustrial.

O debate russo, portanto, oscilou entre dois pólos. Por um lado, em torno da análise leninista, que não conferia nenhum *status* específico à natureza e argumenta pela reprodução de relações sociais equivalentes tanto nas cidades quanto nos campos. (Na

medida em que a agroindústria entrava nessa análise, ela foi vista como um simples colorário da agricultura capitalista.) Contra isso, temos a visão populista de uma aliança entre a agroindústria e os camponeses.

O debate alemão sobre a questão agrária foi significativamente mais rico que as discussões russas suas contemporâneas, em parte devido à maior complexidade da mudança rural. A agricultura alemã passava por um processo de modernização, dominado pelos prussianos, que durou a maior parte de um século e foi pega em uma crise provocada pela consolidação de um mercado agrícola mundial. Nessa crise de ajustamento às exportações de cereais do Novo Mundo, a "agricultura capitalista" da Alemanha tinha muito em comum com aquelas dos outros países da Europa Ocidental. No entanto, esse debate foi duplamente ofuscado. Primeiramente, os pontos de vista dos "reformistas" sobre a agricultura familiar modernizada foram encontrados pela defesa da ortodoxia marxista de Kautsky, embora isso tenha fundamento, como veremos, em uma interpretação muito diferente da fazenda familiar, em termos de auto-exploração. Em segundo lugar, as sutilezas da análise de Kautsky foram, por sua vez, castradas em seu abraço subseqüente à ortodoxia leninista.

Quais foram os discernimentos específicos do debate alemão?

Primeiro, que o equivalente do "camponês médio", longe de ser uma vítima precoce da diferenciação, freqüentemente era capaz de adaptar-se ao processo de modernização. Esse desenvolvimento, que veio desde então a ser reconhecido como um resultado comum da modernização agrícola, infelizmente foi encoberto pela teorização de Kautsky sobre a persistência da agricultura familiar em bases da autoexploração crescente. Sobre a questão da supremacia das grandes fazendas, Kautsky endossa a tendência generalizada identificada por Marx, mas aponta também fatores contrários que limitam a sua operação na agricultura (Hussein e Tribe, 1981). No entanto, cada um desses fatores contrários é considerado em termos de seus efeitos nas relações sociais, ao invés de por suas origens em um sistema produtivo natural ou orgânico. Assim, nas considerações formais sobre os obstáculos à agricultura de larga escala, feitas em *A Questão Agrária,* Kautsky assinala o problema da organização espacial da produção, mas discute somente as suas implicações para o controle do trabalho. Da mesma forma, as questões do endividamento são analisadas em termos dos costumes de heranças, ao invés de como derivadas da posição peculiar da terra dentro do

sistema produtivo. Ademais, já mencionamos que a reprodução da agricultura camponesa é atribuída às características intrínsecas da unidade de produção familiar: a sua capacidade de auto-exploração. O fracasso do capital em organizar um sistema de produção *superior* para corroer a vantagem competitiva da produção familiar foi ignorada. Isto é, a incapacidade do capital em estruturar um processo produtivo especificamente industrial não entrou em escrutínio.

Essa visão da tenacidade do campesinato não combina com a clássica caracterização da fazenda leiteira familiar, cuja integração na agroindústria foi vividamente descrita por Kautsky (1974) em termos surpreendentemente modernos. Aqui somos apresentados a todas as características principais da agricultura contratual, juntamente com novos argumentos que justificam a persistência de tal sistema, baseados na incapacidade da indústria de determinar as condições de oferta dos insumos necessários sem ter que produzi-los ela mesma. Mas novamente a pergunta-chave, que aplica-se também às discussões atuais - por que o leite não pode ser produzido industrialmente de forma mais barata? , não é considerada. Em uma seção posterior, no entanto, Kautsky apreende um dos aspectos mais fundamentais da agroindustrialização, que descrevemos como substituição. Assim, ele se refere à tendência da indústria manufatureira de diminuir a sua dependência no produto agrícola, tanto através de economias para reduzir o volume de matéria-prima por unidade de produção fabril, quanto pela substituição de insumos agrícolas por não-agrícolas. Essa visão de uma das dimensões-chave da agroindústria foi completamente perdida quando a posição de Kautsky entrou na tradição marxista como uma variante da ortodoxia leninista.

No entanto, esses elementos da análise de Kautsky não o desviaram de sua caracterização central da agroindústria: como a resposta da agricultura de larga escala às crises dos preços baixos. A diversificação das grandes fazendas via integração vertical no processamento de alimentos e atividades agroindustriais correlatas foi vista como uma estratégia para reter o valor adicionado na agricultura, compensando assim os preços em queda. Essa mesma dinâmica foi também identificada no "desenvolvimento de cooperativas rurais. No entanto, essa análise encobre o movimento, mais importante, em direção à substituição industrial e ignora completamente a apropriação industrial do próprio processo

de produção rural.

Os termos do clássico debate foram, assim, congelados brevemente nas categorias históricas que correspondiam ao ainda *embriônico* desenvolvimento de seu objeto:" a modernização agrícola. Como resultado, a especificidade da agricultura ou era negada pela transposição das relações sociais capitalista, da cidade industrial para os campos ou era defendida com base na suposta superioridade do modo camponês de produção. Dentro das contribuições mais cheias de nuanças do debate alemão, no entanto, podem ser discernidos os perfis de um confronto muito diferente entre o capitalismo e a agricultura. Isto é, perfis nos quais a fazenda familiar é capaz de sobreviver precisamente como resultado da modernização e onde a agroindústria é o ponto de partida de um novo processo de marginalização da agricultura via substituição. Ambas as tendências sugerem que é a especificidade do próprio processo de produção rural o que segura as chaves da direção e dinâmica da transformação agrícola sob o capitalismo.

**Debates contemporâneos**

Em anos recentes, a tradição marxista vem tentando conciliar-se com o peso do campesinato no Terceiro Mundo e com a persistência da fazenda familiar na modernização pós-guerra da agricultura européia. Isso levou a uma adaptação dupla na teoria, de forma a acomodar tendências empíricas indisputáveis. Somos presenteados com a imprevista fusão das tradições marxistas e populistas, com a fazenda e a força de trabalho familiar sendo agora reinterpretados como a expressão das relações de produção capitalistas. Dessa forma, o conceito de proletarização, teórica e politicamente central à visão leninista, fica preservado.

No contexto do campeonato do Terceiro Mundo, essa reinterpretação teórica foi baseada na hoje celebrada distinção entre as "formas de produção" e as "relações de produção". Estas últimas são determinadas pelas leis de movimento de um modo determinado de produção e são conceptualizadas ao nível da formação social. Em contraste, diferentes "formas de produção", que exibem diferentes "relações de exploração" a nível do processo imediato de trabalho, podem coexistir em uma mesma formação social. Assim, em uma formação social capitalista, as formas de produção podem reter "a determinada

organização do trabalho específica à empresa "pré-capitalista" (Banaji, 1977: p. 33). Argumenta-se ainda que essas aparências *formais* são enganadoras, uma vez que tais empresas familiares intermediam e incorporam relações capitalistas de produção. Produtores familiares camponeses são, em essência, proletários, uma vez que sua reprodução está subordinada às leis capitalistas de movimento.

No entanto, tal abordagem torna difícil detectar a motivação .específica para a produtividade existente por trás dos processos de produção capitalistas. Não é possível localizar, portanto, a dinâmica que determina as condições para a competitividade e a adoção ou substituição de processos específicos de produção. Dentro da problemática da teoria marxista, a distinção entre. "formas" e "relações" pode fornecer um mecanismo analítico para conciliar as concepções das relações de produção capitalistas com a persistência de sistemas de produção aparentemente não-capitalistas. Mas faz isso através da redução do capitalismo a um conceito vazio.

Uma variante dessa abordagem, novamente retirada dos cânones marxistas, é a tese agroindustrial, formulada no contexto metropolitano para reinterpretar a sempre presente fazenda familiar em modernização em termos de padrões de proletarização (Mollard, 1978; Faure, 1978). De uma maneira semelhante, portanto, o marxismo e a realidade empírica neopopulista são harmonizados. Nesta visão, a posse da terra representa apenas uma relação "formal" aos meios de produção, uma vez que elementos-chave para a produção - insumos fabricados - e o uso do próprio produto são determinados pela produção e troca capitalistas. A propriedade jurídica pode ser mantida pelos produtores diretos, mas a propriedade "real" está nas mãos dos capitais agroindustriais, que determinam o ritmo e opção do processo produtivo. A subordinação real do processo de trabalho pelo capital pode ocorrer, portanto, mesmo quando os produtores diretos permanecem com o controle formal da terra. Na verdade, a posse formal dos meios de produção pela fazenda familiar encobre simplesmente a subordinação real dos produtores como proletários rurais. Chayanov e Lênin agora foram fundidos, na tese do complexo agroindustrial, e o camponês torna-se proletário. Dentro dessa perspectiva, Vogeler (1981) caracteriza os fazendeiros dos Estados Unidos como "trabalhadores proprietários", enquanto que Goss *et al.* (1980) argumentam que a reprodução da fazenda familiar é funcional para o capitalismo.

Essa compulsiva preocupação em explicar as relações de produção aparentemente anômalas encontradas na agricultura de países capitalistas avançados deriva da preocupação central da teoria marxista com a definição das relações sociais de produção. Refletindo essa preocupação com as estruturas sociais e aceitando os termos do discurso herdado do debate clássico, a perspectiva dada pela tese agroindustrial é estreita e exclusiva demais. Especificamente, as relações e fronteiras entre atividades rurais e industriais não são, em si, objeto de escrutínio. Por trás dessa tese está a premissa de uma divisão "natural',.ou pré-ordenada, do trabalho entre "agrícola" ou "industrial". Pela mesma razão, como argumentamos em outro lugar, os diferentes ramos da agroindústria são vistos tipicamente como um "complexo", um bloco unificado de capitais, ao invés de atividades autônomas e potencialmente conflitantes (Goodman, Sorj e Wilkinson, 1984).

Essa premissa de uma divisão pré-ordenada do trabalho traz consigo não só a duvidosa concepção de uma "aliança" entre os dois sistemas de produção, mas também a necessidade de demonstrar como ambos são governados pela lógica capitalista. Se eles não o forem, a produção familiar teria que lhe responder à lógica de outro modo de produção. Mas uma vez que a organização da produção rural é tão obviamente determinada pelos capitais agroindustrias, a pressuposição de uma dinâmica camponesa fica crescentemente implausível. Daí a atração da tese da subordinação real, como uma solução para esse paradoxo aparente. No entanto, se não existe nem uma divisão natural do trabalho entre agricultura e indústria, nem a possibilidade de organizar diretamente a produção agrícola de acordo com as linhas capitalistas, precisamos olhar não para a produção rural, para descobrir o segredo da subordinação capitalista, mas para o aparecimento e desenvolvimento dos diversos ramos agroindustriais, tanto a montante quanto a jusante dessa produção. Nesse caso, a "agricultura" representa atividades crescentemente residuais que resistiram à sua transformação em processos industriais. À medida que a apropriação e a substituição prosseguem, mudanças nas relações sociais na agricultura dependerão do grau com que as atividades rurais remanescentes poderiam ser organizadas para manter e reproduzir grupos sociais diferentes. As relações sociais rurais, mesmo reproduzidas pelo capitalismo, são permanentemente erodidas e reconstituídas à medida em que a tecnologia reproduz a natureza em um quadro industrial.

Até o ponto em que tentam explicar as tendências empíricas existentes, a tese agroindustrial e a sua contraparte do Terceiro Mundo representam um avanço na análise leninista da diferenciação. Apesar disso, essas formulações recentes partilham da mesma problemática: a necessidade de explicar as relações sociais rurais em termos das relações capitalistas da produção. Uma vez que o clássico processo (leninista) da proletarização está excluído, a variante neopopulista é agora reinterpretada com a proletarização "real".

No entanto, a questão das relações sociais específicas nos campos não atinge o "coração" da matéria. O problema central, ao contrário disso, é a corrosão industrial do rural, sendo variáveis-chave a natureza e o grau pelos quais os sistemas biológicos de produção são reproduzidos no contexto industrial.

O desenvolvimento capitalista, portanto, não encontrou sua expressão histórica nem na "fazenda-fábrica" nem na fazenda familiar subordinada. Ao invés disso, foi definido pelo crescimento da força de trabalho agroindustrial, com a dinâmica das estruturas sociais rurais sendo determinada pelo grau e forma da industrialização da natureza. Em contraste, a tradição marxista tem colocado a questão agrária como uma de relações sociais em competição, isto é, a "persistência" do campesinato, ou como uma de se interpretar corretamente as relações sociais existentes (camponês = proletário). Mais recentemente, no entanto, as características biológicas ou naturais do processo de produção rural foram trazidas para o centro do palco. A primeira integração parcial dos padrões da produção rural como princípio explanatório para a dinâmica das estruturas sociais rurais foi aquela fornecida por Vergopoulos. Em seu *A Questão Camponesa e* o *Capitalismo* (1974), argumenta que a modernização da fazenda familiar é uma resposta à falta de controle sobre o processo de produção agrícola e, daí, sobre os preços. Com boas ou más colheitas generalizadas devido à predominância das condições naturais, níveis mais altos de produtividade oferecem uma defesa contra as flutuações do mercado em volume e preços. O progresso técnico na agricultura, portanto, torna-se a condição para a sobrevivência dos produtores rurais, precisamente porque o processo de produção rural é dominado pela natureza. Essa dinâmica "perversa" pode explicar a elevação permanente da "fronteira" tecnológica na agricultura e o processo concomitante de seleção competitiva e de exclusão de unidades de produção. No entanto, essa abordagem não é combinada com a análise da crescente

apropriação industrial das atividades rurais: Conseqüentemente, assim como na tese agroindustrial, Vergopoulos propõe uma "aliança" permanente entre o campesinato moderno e a agroindústria.

Mann e Dickinson (1778) também assumem os ritmos naturais dos processos de produção rural como ponto de partida, argumentando que eles respondem pela falta de sincronismo entre a produção e o tempo de trabalho, o que reduz as taxas de lucro agrícola para abaixo das prevalecentes em outros setores da economia. O investimento e a produção capitalistas são, conseqüentemente, desencorajados, estabelecendo-se assim a fazenda familiar como a unidade de produção mais apropriada. Nessa perspectiva, Perelman (1979) salienta que, dada a equalização do lucro, uma taxa de retorno abaixo da média para o capital seria compensada pela taxa de lucro acima da média. De fato, o obstáculo crucial a tal tendência parecia ser a existência anterior de um sistema de produção alternativo - agricultura familiar - para o qual a taxa de lucro não é o critério dominante.

Apesar disso, tanto aqui quanto no caso de Vergopoulos, a questão da agricultura como um processo natural de produção assume lugar de destaque. É o predomínio da natureza dentro do processo de produção agrícola, e não simplesmente a tenacidade e capacidade de auto-exploração dos camponeses, que agora é visto como explicação tanto para a dificuldade de impor a lógica capitalista de produção quanto a prevalência do modelo de fazenda familiar das opções polarizadas de modernização agrícola: ou capitalista ou unidades baseadas na família.

Em seu tratamento do arrendamento, Murray (1978) é quem chega mais perto da abordagem que propusemos neste livro. No entanto, ele está basicamente interessado nos mecanismos e tendências que enfraquecem a apropriação do excedente via arrendamento, ao invés de na dinâmica que é dirigi da contra a natureza, independentemente do arrendamento. Como foi mostrado por Vergopoulos (1974), o arrendamento tende a ser enfraquecido, na prática, pela subordinação agroindustrial da produção da fazenda familiar. Murray toma como ponto de partida os limites materiais da produção agrícola, impostos pelos ciclos biológicos e sazonais da natureza, e os retornos desiguais ao capital, provocados pela fertilidade diferenciada. Ele então examina as conseqüências que advém quando o controle sobre os meios de produção agrícola é exercido sob a forma da

propriedade da terra. Assim como Vergopoulos, Murray vê o monopólio da terra como constituindo a base para a apropriação do excedente, em detrimento da acumulação de capital como um todo. Argumenta que aquele capital e, com ele, a intervenção estatal, têm seguido historicamente três estratégias básicas em sua tentativa de superar as barreiras apresentadas pela moderna propriedade com terras.

A primeira tendência é o esforço de incorporar novas terras fora do controle dos direitos de propriedade existentes - através da drenagem de terras pantanosas, programas de investimento em infraestrutura básica produtiva em terras marginais e assentamento de novos territórios. Essas iniciativas podem enfraquecer as formas de arrendamento existentes, mas propriedades com terras são constituídas nas novas terras e levam a novas formas de arrendamento. O resultado é que "o capital meramente estende a propriedade de terras. A limitação, ao ser superada, aparece de novo em uma escala maior. Cada extensão só pode oferecer uma saída temporária' da contradição" (Murray, 1978: p. 18). Uma segunda estratégia para eliminar a apropriação do excedente via arrendamento envolve políticas para acabar com a separação entre proprietários de terras e produtores, seja pela transformação do proprietário em fazendeiro ou, o que é mais comum, o fazendeiro em proprietário. A ação estatal no apoio ao crescimento da ocupação por proprietários na agricultura britânica pode ser compreendida nesses termos. Apesar disso, argumenta Murray, a operação da lei do valor é restrita pela relativa liberdade permitida pela propriedade. Assim, er1quanto as condições mínimas para a reprodução podem ser redefinidas pela agroindústria via inovação tecnológica competitiva, q produtor ao mesmo tempo proprietário, pode resistir a pressões para aumentar a sua produtividade até o limite máximo. A fusão do proprietário com o produtor, portanto, apenas estabiliza a barreira da propriedade de terras em uma nova forma, me" nos aguda.

A terceira e mais decisiva estratégia adotada pelo capital foi a de atacar a base material do arrendamento através da quebra das barreiras impostas pela própria natureza. Aqui, Murray identifica alguns dos principais processos que temos caracterizado como apropriacionismo e substitucionismo, tais com a eliminação virtual de terras em alguns setores, inovações que economizam terra e produção de sintéticos. Assim como Murray, acreditamos que o movimento do capital, em sua relação com a agricultura, é para eliminar

a terra e a natureza. Em nosso ponto de vista, no entanto, a força propulsora não é originária da existência da propriedade de terras e do arrendamento, que é a expressão social do caráter não-capitalista da produção agrícola. Suas origens serão encontradas a um nível anterior e mais fundamental: a intratabilidade da agricultura para processos de produção capitalistas. Ao discutir as limitações das tentativas de fundir o proprietário com o produtor direto, Murray subestima o grau pelo qual a agroindústria determina, efetivamente, a produtividade do trabalho agrícola - mas este não é o ponto principal. Para o capital, a limitação principal é a autonomia {limitada) do fazendeiro, ou proprietário/operador, mas sim sua incapacidade de eliminar os riscos, incertezas e descontinuidades intrínsecos a um processo natural ou biológico de produção . O corolário é que o grau de controle sobre o produtor direto (e, portanto, sobre a "forma" de produção) é secundário, em relação à falta de controle sobre a base orgânica do processo produtivo.

É esse obstáculo intratável à produção capitalista, essencialmente técnico, e não a existência do arrendamento e da moderna propriedade de terras, o que explica a dinâmica de longo prazo da substituição industrial. Portanto, a principal tendência não é a eliminação do arrendamento pelo enfraquecimento de sua base material. É, pelo contrário, a de se eliminar a base material da agricultura *em si* porque ela é incompatível com o processo de produção capitalista.

## UMA NOVA ABORDAGEM PARA O ESTADO E A AGRICULTURA

Já argumentamos que a apropriação e substituição industriais avançaram através do enfraquecimento do processo de produção rural, hoje representado pelos elementos residuais que resistiram à industrialização. Ao mesmo tempo, insistimos na simbiose entre a produção rural e a apropriação. Isto é, a força do setor rural como mercado determina as condições de reprodução dos capitais industriais apropriacionistas. Mas como foi possível para uma estrutura de produção atomizada e não-capitalista transformar-se em um mercado em expansão para a apropriação industrial? Colocada dessa maneira, podemos ver que a intervenção estatal na agricultura está longe de ser uma anomalia determinada por pressões ideológicas ou sociais. Ao contrário, tem sido precondição para condicionar a produção rural aos ritmos da apropriação industrial.

Para o nosso ponto de vista sobre o papel de terminante da natureza em explicar os padrões da modernização agrícola, portanto, é uma concomitante necessária, uma teoria específica da intervenção estatal. Dois discursos sobre o Estado têm predominado na literatura. Um, pesadamente influenciado por considerações marxistas, tem enfatizado o momento da "reforma agrária" em países centrais ou periféricos. O segundo, mais neoclássico em abordagem, como indica a transferência na terminologia de "Estado" para "políticas públicas", tem-se preocupado mais com inovação e difusão agrícolas.

A nossa intenção não é a de substituir essas análises por uma outra que interprete a intervenção do Estado a partir das peculiaridades da agricultura como natureza; o Estado simplesmente como avalista da apropriação e da substituição. Ao contrário, argumentaríamos que as coordenadas específica da política estatal derivam-se dos confrontos entre a produção rural e a natureza, dos padrões de apropriação e substituição que isso provoca e do processo mais amplo de industrialização a que ambos estão sujeitos. Essa abordagem permite uma apreciação alternativa e unificada da intervenção estatal, que pode, igualmente, iluminar de forma nova a dinâmica da intervenção do Estado *antes* da apropriação e da substituição, uma questão para a qual agora nos voltamos.

Desde os tempos mais antigos, o Estado assumiu um papel compensatório-chave na neutralização das flutuações da oferta de alimentos devidas aos caprichos do clima e à sazonalidade da produção. O envolvimento estatal na aquisição e armazenagem de alimentos é comum a todas as civilizações antigas. Essa predominante preocupação tom a oferta de alimentos encontrou também expressão na renovação genética, através do financiamento de expedições para coletar novas espécies de plantas (Mooney, 1983) e, subseqüentemente à emergência das economias de mercado, em medidas de controle de preços, tais como as Leis do Milho inglesas, vindas da Idade Média.

A segunda fase importante da intervenção estatal engloba as reformas agrárias de "transição". Essas foram freqüentemente interpretadas como medidas para estabelecer as condições para uma agricultura capitalista. No entanto, o que emerge e chama a atenção é a variedade dessas reformas agrárias - com agricultura em terras arrendadas na Inglaterra, propriedades modernizadas *Junker* na Alemanha, legitimação do camponês tradicional na França e uma fazenda familiar reestruturada na Dinamarca. Mais, em todos esses países, o

modelo predominante coexistiu com sistemas agrícolas bem diferentes.

Comuns a todos esses casos, no entanto, foram as políticas desenhadas para reorganizar a estrutura fundiária feudal, de acordo com três linhas inter-relacionadas: (I) consolidação da unidade produtiva; (11) transformação da agricultura em uma atividade comercial e (III) reorganização da produção agrícola de acordo com avanços nas ciências do solo, agrícolas e de animais. A consolidação da unidade produtiva incluía dois elementos: estabelecimento da responsabilidade individual pela produção e racionalização das atividades econômicas. As terras comuns e os cultivos em faixas, portanto, tornaram-se os principais objetos da reforma agrária. Do ponto de vista da agricultura comercial "racional", os sistemas de produção feudais representavam uma barreira maior que a grande propriedade. Esses sistemas apresentavam limites estruturais para oportunidades e demandas por especialização agrícola, criadas em conseqüência da urbanização. Como resultado, vemos que os promotores mais articulados do fechamento das terras foram precisamente os protagonistas das novas ciências agrárias - os agrônomos, que desempenharam um papel-chave na definição das propostas de reforma na Europa e cuja profissionalização acompanhou a racionalização pós-reforma da produção agrícola (Hussein e Tribe, 1981).

As terras comuns e a agricultura "por.faixas" não só obstruíam uma organização economicamente "racional" da atividade agrícola, mas também receberam oposição em nome das novas ciências agrícolas. Nesse segundo período, portanto, o fechamento das terras não correspondeu à simples substituição de homens por ovelhas, como no caso da reorganização da agricultura inglesa para a monocultura de exportação na era Tudor. Ao contrário, ele agora representava a precondição para as formas mais avançadas de "agricultura científica" que, nesse período pré-industrial, incorporava novos princípios de manejo do solo, baseados em novos conhecimentos do processo de produção natural.

O foco da intervenção estatal na reforma agrária é, assim, explicado pelo caráter pré-industrial da agricultura "científica". Avanços em agricultura foram definidos por novos sistemas de uso do solo, envolvendo novas rotações de culturas e produção intensiva de animais. As economias de escala emanavam não da indústria, mas do novo entendimento da natureza e das grandes exigências financeiras da "nova criação", que militavam contra a

produção camponesa familiar. Esses compromissos financeiros mais pesados incluíam animais, construções e força de trabalho maior, necessários ao cultivo das novas culturas de raízes. Observadores ingleses e franceses contemporâneos tendiam, portanto, a equalizar agricultura eficiente com agricultura de larga escala. No entanto, essas foram, caracteristicamente, economias de escala pré-industriais e não deveriam ser confundidas com os começos da agricultura capitalista. A fazenda consolidada maior, assim, foi favorecida em comparação com a unidade familiar camponesa, mas essas coordenadas estavam destinadas a serem redesenhadas significativamente pela apropriação e substituição industriais das atividades rurais. Essa nova dinâmica nas relações da indústria com a agricultura neutralizou as vantagens de escala pré-industriais, ameaçando simultaneamente a agricultura de larga escala pós-reforma e criando novas oportunidades para a fazenda familiar.

Uma terceira fase da intervenção do Estado emerge, portanto, com o advento da apropriação industrial. Três esferas importantes de atividades podem ser distinguidas: (I) aprovisionamento da capacidade financeira e organizacional para a modernização agrícola - crédito e cooperativismo; (II) desenvolvimento de sistemas de pesquisas e de extensão para avançar os conhecimentos sobre os determinantes biológicos da produção agrícola não sujeitos à apropriação industrial; e (III) organização dos fluxos de produção, utilizando-se de políticas fiscais, créditícias e de comercialização. O fato de que essas atividades tornaram-se partes integrais da intervenção estatal em países com estruturas rurais amplamente diferentes aponta para o papel necessário do Estado em criar condições para a apropriação e substituição industriais.

Embora a intensificação da produção agrícola tenha sido um resultado geral das reformas agrárias do período de transição, isso foi promovido por uma variedade de mecanismos diferentes. Na.França, o aumento da taxação forçou a colocação de excedentes maiores no mercado, enquanto que na Dinamarca as reformas agrárias posteriores, do século XVIII, baseadas em camponeses, foram acompanhadas da criação de um banco governamental de crédito para fornecer empréstimos, a baixas taxas de juros, para compra e melhoria de terras (Tracy, 1982). De maneira semelhante, a ocupação da fronteira americana, depois da Guerra Civil, foi estimulada pela maior disponibilidade de crédito,

resultante do estabelecimento de bancos estaduais autorizados a emprestar contra hipotecas, inicialmente para compra de terras, mas também para formação do capital da fazenda (Mann e Dickinson, 1980).

A consolidação dos sistemas de crédito rural foi também decisiva para a reorganização do setor de agricultura camponesa na Alemanha. Aqui, no entanto, na ausência de iniciativas estatais, emergiu o modelo cooperativo de crédito para os produtores. Concebido originalmente como instituição urbana, o movimento cooperativo tornou-se a principal forma organizacional para a reestruturação da produção familiar, diversificando rapidamente para, além da oferta de crédito, a compra coletiva de insumos e comercialização de produtos. Essa expansão foi facilitada pela formação de um Banco Central de Empréstimos Agrícolas e extensão das provisões de responsabilidade limitada às organizações cooperativas (Milward e Saul, 1977). A cooperativa estava para tornar-se progressivamente uma instituição-chave na mediação dos processos de apropriação e substituição e no apoio à reprodução da fazenda familiar.

Enquanto que o balanceamento de forças sociais e interesses políticos determinou as formas de produção agrícola a emergirem durante o período de transição, uma característica comum foi a aplicação de princípios científicos. Na Inglaterra, onde o *laissez faire* era a palavra de ordem na política, as Sociedades Reais da Agricultura receberam o patrocínio mas nenhum apoio ativo do Estado. Essa situação persistiu até 1910, quando o governo de Lloyd George introduziu legislação alocando 3 milhões de libras para um programa de cinco anos em pesquisas e educação agrícolas. Em contraste, o Estado promoveu a pesquisa na França e na Alemanha (onde as primeiras estações experimentais foram fundadas em 1850), fornecendo um modelo inicial para o sistema de pesquisas em larga escala desenvolvido subseqüentemente nos Estados Unidos. O Comitê de Agricultura da Câmara dos Deputados, que recomendou a criação do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, defendeu a intervenção do Estado ao observar que o conhecimento dos processos naturais "só pode ser obtido através de experimentos, e por experimentos tais e continuados por tanto tempo que os colocam além do poder de indivíduos ou associações voluntárias normais de fazê-los.[127] Em suma, a pesquisa estatal foi justificada naquelas áreas da produção agrícola não susceptíveis à apropriação industrial. Assim, o setor privado

permaneceu responsável pela rápida mecanização da agricultura americana, desenvolvendo uma série de inovações em equipamentos a tração animal, maquinaria motorizada e fertilizantes químicos, como foi discutido no Capítulo 1. Em adição ao desenvolvimento das instituições estaduais de crédito, condições favoráveis para a apropriação industrial foram criadas pela posição privilegiada dos Estados Unidos nos mercados mundiais, que fortaleceu os incentivos para a expansão da produção.

No século XX, o setor público continuou a ocupar uma posição de grande expressão na pesquisa agropecuária. No entanto, à medida em que os processos biológicos entraram no compasso da apropriação industrial, as prioridades da pesquisa pública foram reorientadas para evitar conflitos com as oportunidades privadas de realização de lucros. Como foi exemplificado pelos casos do milho híbrido e das recentes biotecnologias vegetais, a pesquisa agrícola do setor público adaptou-se crescentemente às direções e possibilidades da apropriação industrial em mudança. A bem-sucedida descoberta, feita pelo Estado, no controle dos componentes biológicos da produção agrícola que haviam escapado aos capitais privados criaram, paradoxalmente, as condições para a apropriação subseqüente. Nesse novo contexto, as atividades públicas de pesquisa foram subordinadas, primeiro, aos interesses da indústria e, agora, vemos que a própria presença do Estado nesse setor vem sendo questionada.

Inicialmente, o objetivo central da intervenção financeira do governo na agricultura foi o de promover a apropriação através do fornecimento de crédito. Desde a I Guerra Mundial e os anos de depressão entreguerras, no entanto, a prioridade teve que ser dada à regulagem cada vez mais abrangente do!, mercados' agrícolas. Quando o impacto total da apropriação na produtividade fez-se sentir, no período pós-lI Guerra Mundial, a capacidade de superprodução havia-se tornado um fenômeno estrutural nos países capitalistas avançados. A manutenção da produção agrícola e, daí, da reprodução dos capitais apropriacionistas, é assim atribuída a um grupo complexo de medidas, inclusive preços de garantia, pagamentos por deficiência, compras e estoques estatais, seguro agrícola, câmaras de comercialização, esquemas subsidiados para a retirada de terras de produção e subsídios e taxas de importação/exportação. O Estado, em suma, está a cargo da tarefa de conciliar os efeitos conflitantes do crescimento continuado da produtividade, associado à apropriação

industrial, sobre a produção e capacidade produtiva, as rendas rurais e as estruturas sociais rurais. Os custos desse Estado-esteio da apropriação estão se tornando difíceis de sustentar, mais ainda à medida em que a superprodução torna-se generalizada, limitando por conseguinte a opção de exportar excedentes. Os antagonismos atuais entre os Estados Unidos, a CEE e os países do Terceiro Mundo em modernização não têm raízes nas perspectivas ideológicas do livre comércio *versus* protecionismo, mas resultam do padrão peculiar da modernização agrícola, que consideramos apropriação industrial.

## APROPRIAÇÃO E REFORMULAÇÃO DAS ESTRUTURAS RURAIS

A crítica dos debates "clássicos" e contemporâneos sobre o desenvolvimento capitalista da agricultura, juntamente com a análise precedente do Estado, fornece o quadro de referência para uma formulação teórica alternativa sobre as mudanças sociais rurais. Ao ampliar o enfoque para longe do "ponto de produção", arriscamo-nos a acusações de determinismo tecnológico e de eliminar as relações sociais da análise. No entanto, seria miópico ignorar as conseqüências sociais da transformação da agricultura, orquestrada por capitais industriais de fora do processo imediato de trabalho. As estratégias industriais de apropriação parcial e a consolidação de grandes capitais oligopolísticos no processamento e distribuição de alimentos revolucionaram a agricultura nos últimos cinqüenta anos. Essa revolução foi intensificada nas economias industriais líderes, desde 1950, com a crescente mecanização e rápida difusão de inovações genético-químicas em culturas e criações. A elevação da dependência em insumos industriais para sustentar e incrementar a produtividade agrícola colocou em movimento uma série de mudanças nas inter-relações entre a agricultura e a indústria e outros setores urbanos. O denominador comum, no entanto, é a integração mais próxima com os capitais industrial, comercial e financeiro e, simultaneamente, a diminuição da significância da produção agrícola nos sistemas de alimentos e fibras.

Foi assim que nos Estados Unidos, em 1970, aproximadamente 3,4 milhões de pessoas foram empregadas diretamente na produção agrícola, mas estas foram responsáveis por 20 milhões de empregos adicionais em setores correlatos, dos quais "1,7 milhão em processamento alimentar, 2,5 milhões em suprimentos, 5,0 milhões na indústria manufature

ira, 7,65 milhões em transportes, vendas por atacado e varejo e 3,3 milhões em estabelecimentos de comidas" (Tosterud e Jahr, 1982: p. 18). O sistema de alimentos e fibras é a maior indústria nos Estados Unidos, respondendo por acima de 22 % do emprego e 20% do produto nacional bruto. A importância decrescente da agricultura nesse sistema, que acompanhou a transição começando como fornecedora direta de produtos alimentícios finais para os consumidores e chegando ao presente *status* de fonte de matérias-primas para processamento e comercialização industrial, aparece claramente nos dados de valores adicionados. Em 1979, o setor agrícola produziu alimentos e fibras não processados no valor de 70 bilhões de dólares mas as atividades externas de processamento, distribuição e comercialização adicionaram 415 bilhões de dólares ao produto total do sistema. "Efetivamente, seis dólares são gerados para cada dólar de produtos criados pelo setor agrícola (ib.). Em 1976, os fazendeiros gastaram 85 % de suas receitas totais em dinheiro, ou seja, perto de 82 bilhões de dólares em insumos, serviços, pagamento de juros e impostos (Martinson e Campbell, 1980). A Tabela 4.1 fornece evidências adicionais sobre as poderosas forças de acumulação geradas pela apropriação e substituição industriais em setores representativos dos insumos agrícolas e do processamento de alimentos e fibras.

Embora a discussão precedente sobre o Estado não tivesse examinado o quadro de referência da "industrialização" agrícola pós-guerra em detalhe, essa transformação ocorreu em um clima acalorado e forçado de intervenção pública generalizada para regular mercados de produtos e fatores. Com o objetivo ostensivo de melhorar a renda dos agricultores - obtendo assim legitimação ideológica dos poderosos símbolos "fazenda familiar e objetivos de segurança alimentar nacional" - o Estado promoveu implacavelmente a inovação técnica. Ao manter uma ampla gama de subsídios fiscais e creditícios, o Estado isolou a lucratividade e renda das fazendas dos efeitos integrais do rápido crescimento da produtividade e da superprodução.[128] O Estado foi, portanto, o avalista na expansão de mercados para os capitais apropriacionistas nas indústrias de suprimentos-insumos agrícolas, desde maquinaria agrícola e agroquímicos até sementes e rações. Como Newby e Utting observam, no caso da Inglaterra:

> A transformação tecnológica da agricultura britânica, então, não é produto da "mão oculta" do mercado, mas de decisões políticas bem deliberadas, seguidas conscienciosamente e encorajadas publicamente até os dias de hoje. Isto pelo menos

> sugere por que uma explicação tecnologicamente determinística sobre a mudança social na Inglaterra rural é inadequada (Newbye Utting, 1984; p. 261).

Apesar disso, o produtor agrícola individual é um tomador de preços cujo lucro depende, *ceterís paríbus,* da manutenção de um diferencial positivo entre custos unitário e preços, na porteira da fazenda. Com o rápido progresso técnico e níveis de garantia de preços estabelecidos de acordo com critérios de custos "médios", os produtores ficam sob intensa pressão competitiva para inovar, de forma a acompanhar a tendência decrescente dos custos unitários de produção. As conseqüências sociais do fracasso em resistir a esse "aperto" de custo-preço, ou de "reprodução", podem ser vistas no êxodo rural contínuo, desaparecimento de fazendas, ubiqüidade da agricultura de tempo parcial e marcante concentração da produção agrícola. As fazendas estão ficando maiores, mais intensivas em capital e mais especializadas.

A tendência declinante, de longo prazo, da população rural e da força de trabalho agrícola continuou no período pós-guerra, apesar de taxas mais lentas nos anos 70 (OECD, 1984). Desde 1950, a população rural americana caiu em mais de 15 milhões de pessoas, com perdas absolutas de 7,4 milhões nos anos 50, de 5,9 milhões na década seguinte e 2,2 milhões nos anos 1970-79.[129] O emprego agrícola americano foi dividido ao meio no período 1950-70, caindo de 7,1 milhões para 3,5 milhões, mas estabilizou-se nesse nível a partir de então. Em 1979, a força de trabalho agrícola nos Estados Unidos estava quase que igualmente dividida entre os por conta própria – os "operadores de fazendas" - e trabalhadores assalariados (ib.). Tendências semelhantes são encontradas na Europa Ocidental onde, na CEE dos Nove, a força de trabalho agrícola declinou de 17 para 9,4 milhões durante os anos 1960-80 (CEE, 1985). De acordo com recentes estimativas da OECD, o emprego agrícola total na CEE contraiu-se a uma taxa anual de -4,3% em 1960-60 e de -3,3% em 1970-79 (OECD, 1984). Sem exceção, essa contração pesou mais fortemente sobre membros secundários das famílias e trabalhadores não familiares do. que sobre os fazendeiros (ver Tabela 4.2).

Essas tendências populacionais e de empregos agrícolas refletem muitos fatores, inclusive o impacto da inovação técnica na organização interna da empresa agrícola; diferenciais de renda urbano-rurais e pressões competitivas que levam à emigração rural e à

amalamação de fazendas. Empresas que se tornaram subcapitalizadas ou estão em face a restrições inflexíveis de tamanho, oferecerão oportunidades decrescentes de emprego remunerativo, tanto para trabalhadores assalariados quanto para os familiares. Esses mecanismos estão associados com a proletarização, em termos de empregos não agrícolas e o desaparecimento de fazendas como propriedades independentes. Esse tem sido um destino comum tanto nos Estados Unidos, onde o número de fazendas caiu de 5,6 para 2,4 milhões entre 1950 e 1980, quanto na CEE (veja a Tabela 4.3).

O declínio do número de fazendas e a estabilidade na área ocupada por elas apontam inevitavelmente para a amalgamação e fazendas maiores. Nos Estados Unidos, por exemplo, o tamanho médio das fazendas mais do que dobrou entre 1950 e 1970, elevando-se de 175 para 374 acres.[130] Os dados americanos também revelam relação direta entre tamanho da fazenda e renda líquida da mesma. Assim, "não é senão depois que uma fazenda alcança por volta de 40.000 dólares em vendas brutas que a sua renda, sozinha, começa a se aproximar de uma quantia considerada razoável para um padrão de vida adequado" (USDA, 1981: p. 44). A referência aqui é a renda familiar mediana nacional e é significativo que em 1978 só 22 % dos 2,6 milhões de fazendas americanas tiveram vendas brutas anuais superiores a 40.000 dólares. Evidências mais recentes, para 1980-82, indicam que fazendas com vendas brutas abaixo desse nível, aproximadamente três quartos de todas as fazendas, partilharam de uma perda anual média de 893 milhões de dólares (Bullock, 1984). Essas perdas em operações agrícolas foram compensadas por rendas não-agrícolas, que tornaram-se o principal esteio das fazendas menores, tanto nos Estados Unidos quanto na Europa Ocidental.

As relações entre tamanho de fazenda e economias técnicas de escala, sob a forma de custos unitários menores, é mais controvertida e vem alimentando um ativo e longo debate. O USDA (1981) sugere que a maior parte dessas economias são garantidas a tamanhos relativamente pequenos. Por exemplo, o tamanho necessário para alcançar 90% das economias técnicas de escala em 1979 variou de 143 acres, para uma fazenda de amendoim-soja-milho no Sudeste, até 450 acres, para a produção de trigo-cevada no Noroeste do Pacífico. No entanto, capturar as economias técnicas remanescentes "exige que as fazendas mais do que dobrem de tamanho" (ib.: p. 57). O tamanho das fazendas, em dois

casos mencionados, precisaria atingir 399 e 1.890 acres, respectivamente, o que colocaria essas unidades no decil superior de todas as fazendas, em termos de receita bruta de vendas. Produtores de baixo custo, beneficiários de economias técnicas de escala, também obterão ganhos pecuniários extraordinários onde os preços oficiais de garantia estão baseados nos custos médios de produção *nacionais.* "O principal impacto... é a capitalização dos benefícios extras em bens de capital, especialmente terras. O maior valor líquido do patrimônio e maior fluxo de caixa de um estabelecimento já existente pode levar, como resultado, à elevação do preço das terras, uma vez que seus proprietários procuram expandir-se através da consolidação das fazendas próximas" (ib.: p. 60).

No Reino Unido, o Comitê de Northfield chegou a conclusões, de forma geral, semelhantes, encontrando economias de escala em tamanhos de fazendas de até 40-120 hectares, seguida de retornos constantes até aproximadamente 400 hectares, o que sugere um "platô de eficiência". A "fronteira" entre retornos crescentes e retornos constantes à escala é dada pelo'tamanho de fazenda operada por de dois a três homens (500-750 homens/dia "standard"). Isso leva à observação de que "existem algumas evidências para acreditar que a 'fronteira' da eficiência tem permanecido mais ou menos constante no tempo, em termos da força de trabalho de dois a três homens por unidade, embora tenha-se elevado, em termos de área" (Northfield, 1979: p.37).

Em adição ao estímulo das economias técnicas de escala para a amalgamação, as políticas de garantia estatais reforçaram a pronunciada concentração que caracteriza as estruturas agrárias de países capitalistas avançados. No Reino Unido, por exemplo, somente 29.300 fazendas, ou 11,3% dos estabelecimentos, excedem 1.000 homens/dia "standard" (cerca de 250 acres) de tamanho, mas estas respondiam por cerca da metade da produção agrícola nacional" (ib.: p. 38). Medidas da concentração de fazendas nos Estados Unidos, baseadas em recibos de vendas brutas, contam uma história semelhante (veja a Tabela 4.4). Em 1981 os 71,5% de todas as fazendas cujas vendas brutas anuais estavam abaixo dos 40.000 dólares, produziram apenas 13% da produção total. Em contraste, a categoria das maiores fazendas, abrangendo 4,6% do número total, responderam por 49% da produção. De fato, Tweeten (1984) estima que se as fazendas fossem do tamanho e da eficiência daquelas da classe dos 200.000 dólares em vendas, então só 229.000 delas seriam

necessárias para produzir o mesmo volume alcançado em 1981, ao invés dos 2,4 milhões de fazendas atuais. Dados sobre o tamanho de fazendas por área fornecem evidências adicionais da alta concentração, revelando que o controle operacional de 54,1 % das terras americanas em fazendas, em 1978, eram mantidos por meros 6,6% de todas as fazendas (veja a Tabela 4.5). A posição na CEE e de alguns de seus países-membros selecionados é mostrada na Tabela 4.6.

A distribuição da renda líquida das fazendas coloca a marcada concentração da agricultura americana em foco ainda mais nítido. Desde 1970, pequenas fazendas, com vendas brutas abaixo de 5.000 dólares, tiveram uma média de perdas líquidas nas operações agrícolas, e essa situação englobou todas as classes de vendas brutas abaixo de 40.000 dólares em 1981 e 1982, o que representa 71 % do total de fazendas. Isso contrasta com a parcela crescente das grandes fazendas na renda líquida agrícola, que elevou-se de 25% em 1969-71 para 74% em 1979-81 (veja a Tabela 4.7). As maiores fazendas, com vendas superiores a 500.000 dólares, cerca de 25.000 fazendas ou 1 % do total, receberam 66,3% da renda líquida agrícola total em 1981. Como já observamos, a concentração da produção e da renda líquida, em elevação nos anos 70, é amplamente atribuída ao fato de que os maiores produtores receberam uma parcela desproporcional dos benefícios diretos e indiretos dos programas de garantia de preços dos produtos (Lin *et al.,* 1981; US Senate, 1984). Essas tendências de concentração também foram acompanhadas por especialização crescente das fazendas, tanto nos Estados Unidos como na Europa Ocidental (USDA, 1981; Guither *et al.,* 1984; Bowler, 1985).

Em um artigo recente, Buttel (1983: p. 92) descreve o padrão da mudança estrutural na agricultura americana nos anos 70 como dualista, uma vez que ele "reflete a emergência de uma estrutura bimodal, caracterizada pela crescente dominância de unidades agrícolas extremamente grandes e pela crescente prevalência de fazendas extremamente pequenas". Argumenta mais, que a "tradicional fazenda familiar de tamanho médio, independente e de tempo integral" está sendo espremida por esse padrão de dualismo e já forma um "segmento de distinta minoria na agricultura dos EUA". A noção da "categoria média em desaparecimento" está definida em termos gerais (veja a Tabela 4.7). Mais claramente, através dos dados sobre renda líquida das fazendas, mesmo quando essa categoria média é

definida em termos gerais (ver Tabela 4.7). A definição mais convencional desse setor médio abrange fazendas com vendas anuais de US$ 20.000 a 99.000 dólares, cujo número era de 674.000 em 1981, representando 27,4 % do total. Considerando essa definição mais estreita, o setor médio produziu 26,2 % da produção total, mas recebeu apenas 6,5 % da renda líquida agrícola em 1981 (Tweeten, 1984; Tosterud e Jahr, 1982). Esse setor médio é o que tem sido mais duramente atingido pela crise agrícola atual, uma vez que os valores da terra em queda, mercados de produtos em declínio e altas taxas reais de juros combinaram-se para aumentar drasticamente o peso da dívida da fazenda.

Para Harrington *et al.* (1983), a distribuição de renda entre as famílias está se tornando mais bimodal porque os pequenos fazendeiros são menos dependentes da renda gerada na fazenda do que as categorias de tamanho médio. Assim, as famílias de fazendas com vendas anuais entre 10.000 e 40.000 dólares são "pequenas demais para gerar renda suficiente para suportar uma família exclusivamente através da agricultura e ao mesmo tempo são grandes demais para permitir emprego fora em tempo integral" (ib.: p. 13). Em um extremo, portanto, estão as grandes fazendas com vendas excedendo os 200.000 dólares, que dependem de trabalhadores assalariados de tempo integral e, por conseguinte, devem ser consideradas empresas "maiores que familiares". No entanto, uma vez que essas empresas são tipicamente propriedades familiares e administradas pelas famílias, "a maioria das grandes fazendas não são fazendas corporativas-industriais no sentido convencional" (Buttel, 1983: p. 99). No outro pólo existe 1,7 milhão de fazendas com vendas anuais abaixo dos 40.000 dólares, que tiveram, na média, uma perda líquida de renda agrícola em 1980 e 1981 e que muito provavelmente continuam a tê-la na crise atual. "Essas pequenas fazendas podem ser consideradas "sub-familiares", uma vez que a sua sobrevivência está na premissa direta do acesso a renda externa significativa" (ib.: p. 93).

Nos anos 50 e 60, a crescente incidência de atividades de tempo parcial fora das fazendas entre famílias rurais pequenas e menos capitalizadas era amplamente considerada como um fenômeno transitório originário de sua marginalização (Krasovec, 1966). Agricultura de tempo parcial representava um interlúdio no processo de proletarização, antes da emigração permanente e da consolidação das pequenas propriedades em unidades maiores. Essa visão veio a ser, desde então, drasticamente revisada na medida em que a

pesquisa veio a mostrar que a agricultura de tempo parcial estava reduzindo a vulnerabilidade econômica da fazenda familiar pequena e marginal e parando a tendência, de longa data, em direção ao seu desaparecimento. Essa pesquisa reafirmou a longa tradição histórica do trabalho externo como uma estratégia básica da reprodução dos estabelecimentos familiares. Existe agora ampla aceitação da agricultura de tempo parcial como uma "instituição permanente" (USDA, 1981) e um aspecto importante das estruturas sociais rurais das sociedades industriais avançadas (OECD, 1977; 1978a; b). Algumas evidências para os Estados Unidos e a CEE estão apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 4.8 e 4.9. Os dados americanos mostram a tendência de elevação da renda externa à fazenda em proporção à renda agrícola desde os anos 60, e a relação inversa entre essa razão e o tamanho da fazenda. Ainda assim, a renda externa é significativa nas maiores fazendas. O papel crucial desempenhado pela renda externa na reprodução das pequenas propriedades familiares é demonstrada com clareza particular pela evidência sobre a renda pessoal disponível dos administradores de fazendas por fonte, mostrada na coluna final da Tabela 4.8. Na média, os operadores de 72 % de todas as fazendas americanas, aquelas com vendas brutas abaixo de 40.000 dólares, recebiam virtualmente toda a sua renda disponível de atividades externas à fazenda. Na verdade, somente operadores com vendas anuais brutas acima de 100.000 dólares - 12 % do total - obtinham mais de metade de sua renda disponível de fontes da fazenda (Bullock, 1984). Os dados para a Europa Ocidental são menos detalhados, mas mesmo assim revelam a pervasiva importância da agricultura de tempo parcial, apesar das variações nacionais.[131] A expansão da agricultura de tempo parcial reflete a intensificada apropriação industrial da agricultura e a concomitante erosão dos meios de vida agrícolas remuneradores. Essa tendência poderia bem ser acentuada por desenvolvimentos tecnológicos futuros, como sugerimos a seguir.

Levanta-se a questão, portanto, de se estaríamos finalmente testemunhando a confirmação da tese leninista clássica sobre o desaparecimento do "camponês médio". Para Lênin, a diferenciação social era conseqüência direta da integração da agricultura nas redes de mercados. Como mostramos, no entanto, a questão crucial tem sido o grau pelo qual o capitalismo tem sido capaz de supera; as restrições impostas pela natureza. Na medida em que a industrialização das atividades agrícolas foi dominada, por longos períodos, por

tecnologias mecânicas e químicas, a tendência foi, ao contrário, a de consolidar o "camponês médio", ou a fazenda familiar. Somente com a crescente apropriação dos componentes biológicos do processo de produção agrícola é que emergem economias de escala que estão além do alcance da fazenda familiar.

Mesmo aqui, no entanto, precisamos prosseguir com cautela. De nosso ponto de vista, a concentração não é nada mais do que a imagem em espelho da apropriação industrial e essa tendência tem sido historicamente acompanhada pela continuada predominância da fazenda familiar. Os padrões atuais de concentração possuem implicações ambíguas para a caracterização da unidade de produção, ambigüidade essa que é capturada pela expressão de Buttel, fazendas "maiores que familiares". Não existe correlação clara entre a concentração e a emergência de trabalho assalariado em larga escala neste cenário. O conceito de fazenda maior que a familiar pareceria referir-se mais às exigências de capitais financeiros para a produção agrícola moderna do que às demandas de um novo processo de trabalho.[132]

**AGRICULTURA: CENÁRIOS FUTUROS**

Ao seu limite, onde novas economias de escala permitem o estabelecimento de processos de trabalho capitalistas (como no caso da produção granjeira de aves), eles o serão na medida em que as restrições da natureza, como tempo e espaço, tenham sido significativamente enfraqueci das. Eles não são, portanto, a longamente esperada conseqüência da integração da agricultura nos demais mercados.

Nesta seção final, projetamos tendências correntes em apropriação e substituição industriais e examinamos cenários possíveis sobre a organização técnica e social da produção agrícola. Nós vimos, nos casos de criações e cultura hortícolas, que a apropriação industrial virtualmente eliminou a terra como base material da produção. Esse desenvolvimento reflete a combinação de inovações em genética, controle de doenças e nutrição, juntamente com a elevação da intensidade de capital e mudanças organizacionais que reforçam as vantagens de empreendimentos especializados e de larga escala. A produção em unidades centralizadas, sob condições ambientais controladas, é o símbolo dessa tendência. Operações de criação, lideradas pela produção de frangos e ovos, estão na

vanguarda dessa transição para métodos de larga escala, tipo linha de montagem. A eliminação da terra tem sido muito mais arrastada no caso das culturas de campo, a despeito dos efeitos de economia de terras das inovações da substituição industrial, resultando na produção de materiais sintéticos e em avanços no processamento de alimentos, os quais diminuíram a importância dos produtos rurais no sistema alimentar *vis-à-vis* os setores de transformação, distribuição e comercialização.

Essas tendências tiveram como premissa a existência de limites absolutos para a manipulação e controle diretos da natureza por tecnologias industriais. Com o desenvolvimento da engenharia genética, no entanto, esses limites afastar-se-ão progressivamente. Quais são as conseqüências mais prováveis das modernas biotecnologias para a organização técnica e social da agricultura? Aqui nós fornecemos um esboço tentativo de dois cenários possíveis.[133]

O primeiro envolve movimento acelerado em direção a sistemas de produção contínuos, com um declínio paralelo no número de produtores à medida em que aumentam a especialização, intensidade de capital e escala. Tais sistemas centralizados já emergiram em certas atividades criatórias e hortícolas, cujas características intrínsecas facilitam um fluxo contínuo de produção todo ano, sob condições altamente concentradas. A produção de aves e ovos e culturas de estufas são os melhores exemplos, mas recentes desenvolvimentos em confinamento bovino para carne, produção de leite em estábulos com 5.000-10.000 vacas e a produção de suínos em casas de confinamento com ambiente controlado revelam a força crescente e a extensão dessa tendência. A produção de suínos nos Estados Unidos era baseada geralmente em pastagens até 1950, embora a mudança em direção às operações em pocilgas já estivesse a caminho. Van Arsdall e Gilliam (1979) indicam que, então, vários milhões de acres de terras produtivas para cultivos estavam sendo usados como pastos para suínos.

Neste último caso:

> Desenvolvimentos tecnológicos em nutrição e controle de dou1ças e parasitas dos porcos... livraram virtualmente a produção de porcos da necessidade de estar associada com uma base de terras de grande tamanho... Porcos estão agora sendo produzidos o ano todo em sistemas de baixo trabalho e intensivos em capital que levam à produção em larga escala e à industrialização da produção, o que já ocorreu em algumas outras empresas rurais (VanArsdall e Gilliam, 1979: p. 190-1).

Desde os anos 50, o número de produtores comercializando porcos caiu em mais de 80%, com incrementos concomitantes no tamanho médio dos empreendimentos e na parcela do produto total dos m;1iores produtores. Uma fazenda líder na produção de suínos nos Estados Unidos, nos fins dos anos 70, comercializaria 5.000 cabeças anualmente e já havia um certo número de empresas excepcionalmente grandes produzindo acima de 100.000 cabeças. Essas unidades, ao invés de serem operadas e controladas por famílias, são subsidiárias afiliadas de firmas agroindustriais envolvidas em processamento de alimentos, moagem de rações e empacotamento de carnes (ib.).

Nessas atividades criatórias, a importância da natureza como uma variável independente, seja terra ou fatores biológicos, está diminuindo rapidamente. Mais crucialmente, ela já não constitui uma barreira para métodos industriais de organização baseados em unidades centralizadas de produção. Uma vez que a restrição ao uso extensivo da terra, ou aos "campos livres", é superada, instalações centralizadas de produção podem ser facilmente projeta das, de forma a incorporar as mais recentes inovações em manuseio de materiais, formulação de rações, controle ambiental, ciência veterinária e microeletrônica. A fábrica-fazenda torna-se uma realidade, com "fazenda" a indicar pouco mais que o fato de que um produto agrícola está sendo produzido. Ao passo que essas mudanças em organização técnica são intensificadas, atividades de criação de animais serão removidas da economia dos produtores familiares independentes. O seu acesso ao mercado será progressivamente diminuído e, replicando o caso dos frangos e dos ovos, os setores remanescentes da criação serão completamente integrados em conglomerados agroindustriais *(agribusiness).*

No segundo cenário, a dinâmica principal surge dos métodos modernos de processamento de alimentos e de matérias-primas, os quais serão reforçados pelos avanços em biotecnologia. A oferta agrícola que, no presente, está organizada em torno de cadeias especializadas de produtos, ou *filères,* envolverá crescentemente a produção da biomassa para a conversão industrial. Como sugerimos no Capítulo 3, culturas agrícolas competirão com outras fontes de biomassa. com base em seus constituintes genéricos de carboidratos, proteínas e gorduras. As inovações biotecnológicas no processamento da biomassa, inclusive matérias-primas não-agrícolas, serão acompanhadas pelo uso mais amplo da

engenharia genética vegetal para adaptar as características das culturas, de forma mais estreita, às exigências do processamento e para melhorar a sua resistência a doenças e pestes.

Esses desenvolvimentos, aliados às pesadas exigências de capital para a mecanização individual das fazendas, prenunciam a possível reorganização da produção agrícola. O sucesso de variedades resistentes à peste e às doenças, originárias da engenharia genética, reduzirão a importância das práticas culturais realizadas no período entre a semeadura e a colheita; tanto assim que os fazendeiros poderão confiar em empreiteiros para realizar essas tarefas, liberando-os para outras atividades, inclusive emprego fora da fazenda.

Os padrões de mudança da demanda industrial,baseados nos constituintes químicos genéricos das culturas, sugerem que a agricultura vai evoluir em direção a sistemas integrados de produção de biomassa (Rexen e Munck, 1984). As cadeias especializadas atuais de comercialização serão superadas por "refinarias agrícolas", que encarregar-se-ão do processamento primário da biomassa (ver a Figura 4.1). No caso dos cereais, por exemplo, a colheita seria separada, na "refinaria", entre grãos e palha, sendo a última separada adicionalmente em uma fração "leve" (folhas e espigas) e outra "pesada" (nódulos e internódulos), como mostrado na Figura 4.2. Esses materias seriam pré-tratados de acordo com o seu uso final e, então, transportados às fábricas centrais, que seriam equipadas com um certo número de refinarias-satélites, para processamento adicional. É claro que as refinarias poderiam aproveitar-se de estágios mais sofisticados de processamento, como a moagem dos grãos para separar o endosperma rico em amido e deixar as cascas para ração animal. Rexen e Munck (1984: p. 191) comparam a utilização total das culturas de cereais ao processamento de óleo cru, no sentido de que "todos os seus constituintes são usados tão otimamente quanto possível. Nada é desperdiçado... As proporções entre os diferentes fluxos e produtos podem ser facilmente mudadas de acordo com a demanda real e as relações' de preços do mercado".

A associação dessas tendências provavelmente acelerará o crescimento da agricultura de tempo parcial, ao criar uma situação na qual o fazendeiro é transformado em um arrendatário virtual ou real. Na medida em que os sistemas de alimentos e rações

fiquem ancorados em estruturas de demandas determinadas por constituintes químicos genéricos, a maior complexidade das decisões de produção poderia encorajar estratégias de riscos compartilhados, via contratos futuros com refinarias e indústrias de transformação primária. A agricultura de tempo parcial também pode ficar mais atraente e factível tecnicamente para grandes produtores, se a engenharia genética reduzir significativamente o trabalho exigido entre a semeadura e a colheita. Além disso. os crescentes custos de capital e a sofisticação técnica do maquinário agrícola, com aplicação mais ampla da microeletrônica, estimularão maior uso de serviços especializados em muitas atividades agrícolas.

A base técnica de produção de culturas de campo. assim. provavelmente garantirá a continuação, mesmo que alterada. do papel da empresa agrícola baseada na família. Os limites impostos pela natureza ainda impedem efetivamente a organização industrial direta e unificada do processo de produção rural. Os equipamentos extremamente complexos necessários para substituir até o mais simples trabalho, a descontinuidade de seu uso devido ao caráter sazonal da produção e os riscos de condições climáticas adversas são. todos, testemunhas sobre o modo pelo qual a indústria está se adaptando à natureza, ao invés de subordiná-la. A pressão para não assumir os riscos da produção agrícola direta, portanto permanece, o que reforçará os padrões já existentes de substituição industrial. Tanto mais assim, de fato, dado que as culturas de campo tornar-se-ão, crescentemente. simples insumos indiferenciados paras indústrias de transformação de biomassa.

Ao mesmo tempo, insumos agrícolas específicos para certos produtos provavelmente permanecerão parte da estrutura futura. tanto de indústrias alimentares quanto não-alimentares. No caso dos alimentos. os produtos que manterão esse status serão determinados. Entre outras coisas, pela preferência do consumidor e pelos avanços tecnológicos na reprodução industrial das propriedades dos alimentos. tais como textura, sabor e qualidades organolépticas. Saídas não alimentares, no entanto, tornar-se-ão crescentemente importantes para mitigar os efeitos da superprodução. É assim provável que culturas alimentares de outrora serão ajustadas para mercados de especialidades em produtos químicos e farmacêuticos finos.[134] Como uma tendência geral, todas as culturas agrícolas serão submetidas à engenharia genética para atender às exigências de

processamento e comercialização da indústria. Uma vez que a semente é o "sistema de entregas" das biotecnologias vegetais, a integração por contrato será, portanto, a premissa de tal agricultura, reforçando assim as tendências atuais bem estabelecidas.

No segundo cenário, aquele da produção de culturas genéricas, sugerimos que cada vez mais provavelmente as atividades de administração seriam assumidas pelos interesses industriais envolvidos, em particular pelos processadores ou refinadores primários. Como resultado, o fenômeno da agricultura de tempo parcial poderá ser fortalecido, mesmo ao limite de reduzir o fazendeiro a pouco mais do que um arrendatário. Em contraste, no primeiro cenário, caracterizado por atividades criatórias intensivas e hidroponia, é a administração fabril a que prevalece atualmente, Em ambos os casos, no entanto, as exigências de operadores foram redefinidas qualitativamente. A capacidade de regular e transformar diretamente os processos biológicos darão um forte estímulo à monitoria computadorizada e à robotização das atividades agrícolas. A aplicação de biotecnologias modernas marca uma quebra decisiva com os conhecimentos sobre a agricultura tradicional. Esses já foram corroídos pelos avanços dos insumos mecânicos e químicos. Agora, no entanto, plantas e animais obtidos por engenharia genética e produção em ambientes controlados demandam uma base informacional radicalmente nova. O fazendeiro dará lugar ao "bioadministrador"e a observação será substituída por "software". A biotecnologia e as tecnologias da informação, portanto, andam de mãos dadas para criar um novo processo produtivo na agricultura.

Tabela 4.1

*Setores selecionados de insumos* e *transformação no sistema de alimentos* e *fibras dos EUA, 1972*

| *S/C (a) (1)* | *Nome da indústria* | *Nº. companhias (2)* | *Empregados (1000)* | *Valor das consignações (US$ milhões)* | *Valor adicionado (US$ milhões)* | *Taxa de concentração (c) (4)* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Indústrias de Insumos* | | | | | | |
| 2873 | Fertilizantes Nitrogenados | 47 | 9,4 | 799,4 | 447,6 | 35 |
| 2874 | Fertilizantes fosfatados | 66 | 14,9 | 1.178,9 | 426,4 | 29 |
| 2875 | Fertilizantes misturados | 44 | 11,4 | 800,0 | 263,6 | 24 |
| 3274 | Calcário | . 68 | 5,7 | 238,1 | 129,3 | 37 |
| 3411 | Latas de metal | 134 | 68,5 | 4.510,8 | 1.815,8 | 66 |
| 3523 | Equipamentos e maquinário agrícola | 1.465 | 104,6 | 4.529,7 | 2.247,5 | 47 |
| 3551 | Maquinário para produtos agrícolas | 636 | 31,9 | 1.000,1 | 605,2 | 18 |
| *Transformação de Alimentos e Fibras* | | | | | | |
| 2041 | Farinhas | 340 | 16,1 | 2.380,0 | 509,9 | 33 |
| 2046 | Moagem de milho úmido | 26 | 12,1 | 832,2 | 331,2 | 63 |
| 2062 | Refino de açúcar de cana | 22 | 10,9 | 1.742,7 | 383,9 | 59 |
| 2075 | Moagem de 6leo de soja | 54 | 9,1 | 3.357,2 | 350,0 | 54 |
| 2211 | Tecelagem de algodão | 190 | 121,3 | 2.660,6 | 1.256,3 | 31 |
| 2011 | Frigoríficas (carne) | 2.293 | 157,5 | 23.003,4 (d) | 2.968,1 | 22 |
| 2016 | Fábrica de aves abatidas | 406 | 17,6 | 3.254,1 | 724,4 | 17 |
| 2021 | Cremes e manteigas enlatadas | 201 | 14,6 | 588,1 | 168,5 | 45 |
| 2033 | Frutas e hortaliças enlatadas | 766 | 89,8 | 4.043,8 | 1.625,1 | 20 |
| 2037 | Frutas e hortaliças congeladas | 136 | 42,8 | 1.848,8 | 694,6 | 29 |
| 2051 | Panificação | 2.800 | 193,5 | 6.132,0 | 3.518,1 | 29 |
| 2043 | Alimento/cereais | 34 | 12,9 | 1.125,5 | 668,4 | 90 |
| 2062 | Bebidas maltadas | 108 | 51,5 | 4.054,4 | 1.993,6 | 52 |
| 2OB5 | Bebidas destiladas | 76 | 18,4 | 1.797,9 | 1.024,0 | 47 |
| 2013 | Embutidos e carnes preparadas | 1.207 | 58,1 | 4.632,4 | 1.099,0 | 19 |

(a) SIC: Classificação Industrial Padrão (Standard Industrial Classificadora).
(b) Unidades de Propriedade.
(c) Participação percentual das quatro maiores companhias no valor das consignações.
(d) Este número está inflacionado pela contagem dupla dentro da indústria.

Fonte: Martinson e Campbell (1980: tabelas 2 e 5) (Baseados no Censo da Indústria de Transformação - us Bureau of Census, *1972)*

Tabela 4.2
Taxas de mudanças na força de trabalho de fazendas de 1 ha ou mais, 1960-76 (%)

| Pais | Fazendeiros | Ajudantes membros da família | Não-membros da família | Total |
|---|---|---|---|---|
| Alemanha (a) | -3,9 | -5,9 | -8,1 | -5,3 |
| França | -3,4 | -6,2 | -5,3 | -4,8 |
| Itália (b) | -4,0 | -10,7 | -3,1 | -5,9 |
| Países Baixos (c) | -1,7 | -2,2 | -4,3 | -2,3 |
| Bélgica | -4,4 | -9,2 | -6,5 | -6,0 |
| Luxemburgo | -2,S | -4,9 | -7,9 | -4,3 |
| Reino Unido | -1,9 | -3,7 | -4,6 | -3,3 |
| Irlanda | -2,3 | - | -6,4 | -3,0 |
| Dinamarca | -2,7 | -9,6 | -8,4 | -4,4 |

(a) Até 1915
(b) Até 1983
(c) A partir de 1959
Fonte: SOEC, Agricultural Statistical Year Book, 1977

Tabela 4.3
Mudanças no número de fazendas de 1 ou mais, 1950-80

| | Número de fazendas (1000) | | Percentagem de mudança |
|---|---|---|---|
| Pais | 1950 | 1980 | 1950-80 |
| Bélgica | 252 | 91 | 64 |
| Dinamarca | 204 | 116 | 43 |
| França | 2.130 | 1.135 | 46 |
| Alemanha Ocidental | 1.648 | 797 | 52 |
| Grécia | 1.000 | 732 | 27 |
| Irlanda | 307 | 225 | 27 |
| Itália | 3.500 | 2.195 | 37 |
| Luxemburgo | 14 | 5 | 64 |
| Países Baixos | 241 | 129 | 47 |
| Reino Unido | 480 | 249 | 48 |
| Total da CEE | 9.776 | 5.671 | 42 |

Fonte: Clout, 1984

Tabela 4.4
Concentração de fazendas nos EUA, em vendas brutas, 1981

| Tamanho, por vendas brutas | Número de Fazendas | Percentagem do Total | Percentagem da Produção Total | Percentagem do Total de Insumos |
|---|---|---|---|---|
| Menor que | | | | |
| $ 5,000 | 843 | 34,6 | 1,6 | 6.4 |
| $ 5- 9,999 | 335 | 13,8 | 2,0 | 3,9 |
| $ 10- 19,999 | 286 | 11,7 | 3,2 | 4,8 |
| $ 20- 39,999 | 278 | 11.4 | 6,2 | 7,7 |
| $ 40- 99,999 | 396 | 16,3 | 19,0 | 21,1 |
| $ 100-199,999 | 186 | 7,6 | 19,0 | 19,3 |
| $ 200,000 | | | | |
| ou mais | 112 | 4,6 | 49,0 | 36,8 |
| Todas as fazendas | 2.436 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Fonte: Tweeten (1984) (baseados em números do USDA)

Tabela 4.5
Número e área das fazendas nos Estados Unidos, 1978

| | Fazendas | | Área das fazendas | |
|---|---|---|---|---|
| Tamanho em Acres | Número | Percentagem do Total | Milhões de Acres | Percentagem do Total |
| Menor de 10 | 215.674 | 8,7 | 1,1 | 0,1 |
| 10-49 | 475.815 | 19,2 | 14,3 | 1,4 |
| 50-179 | 814.371 | 32,8 | 93,7 | 9,1 |
| 180-499 | 596.482 | 24,0 | 202,8 | 19,7 |
| 500-999 | 215.150 | 8,7 | 161,4 | 19,6 |
| 1.000-1.999 | 96.602 | 4,0 | 147,9 | 14,3 |
| 2.000 e mais | 63.772 | 2,6 | 409,9 | 39,8 |
| Total | 2.479,866 | 100,0 | 1.031,1 | 100,0 |

Fonte: USDA (1981)

Tabela 4.6
Distribuição de fazendas familiares na CEE países selecionados, por classe de área, 1960-80

| País | Ano | 1-5 ha | 20-10 ha | 10 - 20 ha | 20 – 50 ha | 50 ha e mais |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CEE - Nove países | 1960 | 46,4 | 21,2 | 17,7 | 11,2 | 3,5 |
| | 1975 | 46,2 | 17,4 | 17.4 | 16,6 | 6,2 |
| % área total | 1977 | 6,1 | 7,0 | 14,0 | 30,3 | 42,6 |
| França | 1960 | 26,2 | 21,2 | 26,6 | 20,5 | 5,5 |
| | 1980 | 20,6 | 14,5 | 21,2 | 30,4 | 13,3 |
| % área total | 1980 | 2,1 | 4,2 | 12,3 | 38,0 | 43,3 |
| Alemanha | 1960 | 44,6 | 24,8 | 20,7 | 8,8 | 1,1 |
| | 1980 | 32,3 | 18,7 | 22,8 | 22,3 | 3,9 |
| % área total | 1980 | 5,4 | 8,9 | 21,6 | 43,9 | 20,1 |
| Reino Unido | 1960 | 29,4 | 13,2 | 16,3 | 22.4 | 18,7 |
| | 1980 | 11,8 | 12,5 | 16,0 | 27,1 | 32,6 |
| % área total | 1980 | 0,5 | 1,3 | 3,4 | 13,0 | 81,8 |
| Países Baixos | 1960 | 38,1 | 27,0 | 23.4 | 10,6 | 0,9 |
| | 1980 | 24,0 | 20,2 | 28,9 | 23,9 | 3,0 |
| % área total | 1980 | 4,1 | 9,5 | 26,7 | 44,8 | 14,9 |
| Itália | 1960 | 68,2 | 19,1 | 8,3 | 3,2 | 1,2 |
| | 1975 | 68,4 | 17,4 | 8,4 | 4,0 | 1,8 |
| % área total | 1977 | 21,6 | 15,8 | 15,3 | 16,8 | 30,5 |

Fonte: OECD (1984: Tabela 21)

Tabela 4.7
Distribuição de rendas liquida das fazendas nos Estados Unidos, valor de vendas, 1969-81

| | Fazendas Grandes (a) | | Fazendas Médias | | Fazendas Pequenas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ano | % da renda líquida agrícola | % do total | % da renda líquida agrícola | % do total | % da renda líquida agrícola | % do total |
| 1969 | 23,2 | 0,5 | 32,2 | 6,3 | 44,6 | 93,2 |
| 1970 | 24,4 | 0,6 | 34,3 | 6,8 | 41,3 | 92,6 |
| 1971 | 26,2 | 0,7 | 37,5 | 7,4 | 36,3 | 91,9 |
| 1972 | 28,1 | 0,9 | 39,9 | 9,1 | 32,0 | 90,0 |
| 1973 | 35,4 | 1,7 | 42,9 | 14,1 | 21,7 | 84,2 |
| 1974 | 41,6 | 1,8 | 42,8 | 15,4 | 15,6 | 82,8 |
| 1975 | 46,0 | 1,9 | 42,2 | 16,3 | 11,8 | 81,8 |
| 1976 | 51,1 | 2,2 | 41,9 | 17,3 | 7,0 | 80,5 |
| 1977 | 55,4 | 2,3 | 42,1 | 17,5 | 2,5 | 80,2 |
| 1978 | 55,7 | 3,2 | 39,2 | 19,7 | 5,1 | 77,1 |
| 1979 | 62,1 | 4,0 | 35,8 | 22,4 | 2,1 | 73,6 |
| 1980 | 73,1 | 4,4 | 29,7 | 23,4 | -2,8 | 72,2 |
| 1981 | 86,6 | 4,6 | 22,8 | 23,9 | -9,4 | 71,5 |

(a) Fazendas Grandes: vendas de USS 200.000 ou mais; fazendas médias: vendas de US$ 40.000 até 199.999; fazendas pequenas: vendas abaixo de USS 40.000.
Fonte: Tosterud e Jahr (1982) (baseados em dados do USDA)

Tabela 4.8
Fontes de renda dos operadores de fazendas nos Estados Unidos, 1965-82

| Classe de Vendas (US$ 1.000) | Renda externa por família de operador, como percentagem da renda líquida da família | | Renda de fontes da fazenda, como percentagem da renda pessoal disponível do operador | |
|---|---|---|---|---|
| | 1965-69 | 1970-74 | 1975-78 | 1980-82 |
| Menos que 2,5 | 646 | 857 | 1.006 | -,03 |
| 2,5-4,9 | 261 | 472 | 902 | -,04 |
| 5-9,9 | 130 | 217 | 423 | -,05 |
| 10-19,9 | 54 | 91 | 174 | -,04 |
| 20-39,9 | 30 | 38 | 66 | ,05 |
| 40-99,9 | 23 | 21 | 30 | 36,44 |
| 100 e acima | 20 | 14 | 21 | |
| 100,0-199,9 | | | | 62,20 |
| 200,0-499,9 | | | | 81,26 |
| 500 e acima | | | | 95,59 |
| Todas as fazendas | 115 | 104 | 141 | 38,48 |

Fontes: USDA (1981); Bullock (1984).

Tabela 4.9
Fazendeiros do tempo integral e de tempo parcial na Europa Ocidental (em percentagem)

Fazendeiros de tempo parcial

| País | Ano | Fazendeiros de tempo integral | Renda principal da fazenda | | Renda suplementar da fazenda |
|---|---|---|---|---|---|
| Bélgica | 1970 | 56.7 | 9,1 | | 34,2 |
| França | 1970 | 77.4 | 5,8 | | 16,8 |
| Alemanha Ocidental | 1965 | 40,9 | 25.7 | | 33.4 |
| | 1975 | 45,2 | 15,3 | | 39,5 |
| Grécia | 1980 | 50,0 | | 50,0 | |
| Irlanda | 1972 | 77,8 | | 22,2 | |
| | 1982 | 58,0 | | 42,0 | |
| Itália | 1970 | 62.4 | 5,0 | | 32,6 |
| Países Baixos | 1975 | 74,1 | 6,3 | | 18.4 |
| R.eino Unido | 1973 | 77,0 | | 23,0 | |
| | 1978 | 73,0 | | 27,0 | |

Fonte: Clout (1984)
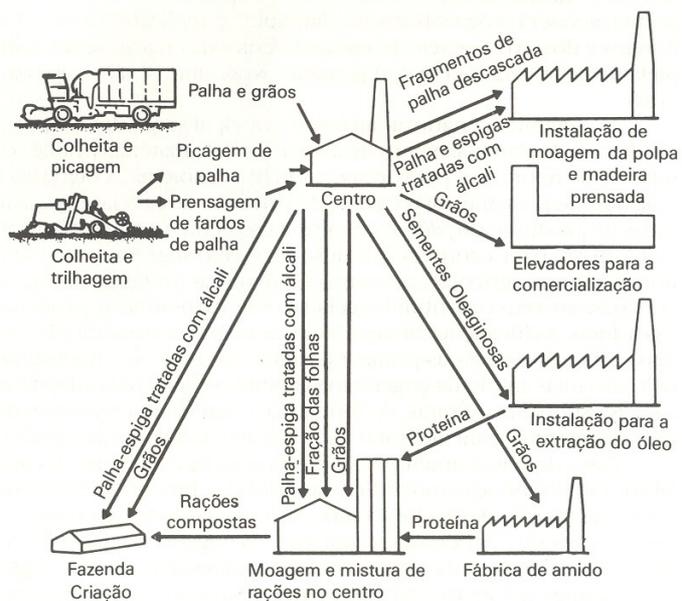
**Figura 4.1** *O conceito de refinaria agrícola (Rexen e Munck, 1984)*
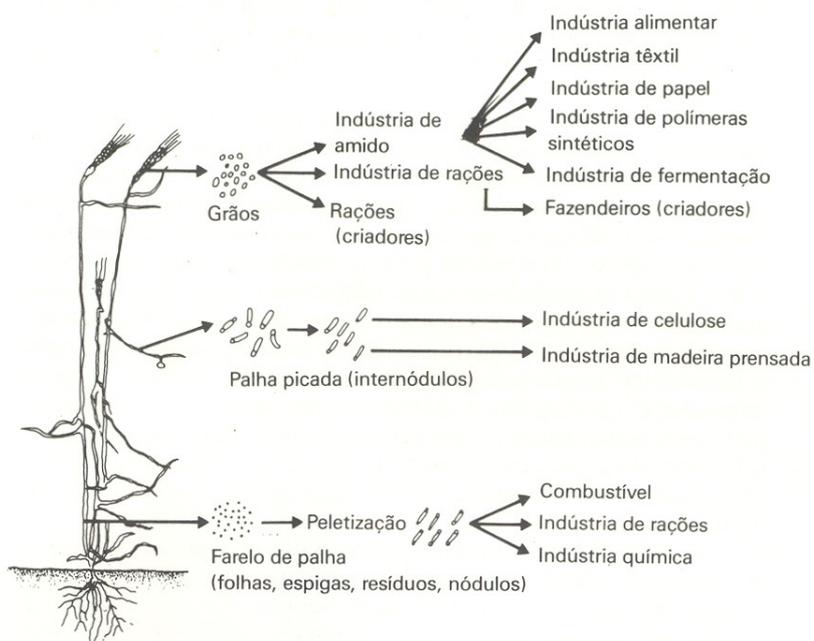
**Figura 4.2** *A transformação de uma cultura de cereais em produtos intermediários (Rexen e Munck, 1984)*

## CAPÍTULO 5

## CONCLUSÃO

Neste livro, tentamos desenvolver um quadro analítico de referência capaz de capturar a dinâmica do sistema agroalimentar como um todo. Um grande esforço foi feito, portanto, para integrar o que é freqüentemente tratado como áreas separadas de estudo - sociologia rural, economia agrícola, ciências políticas e inovação tecnológica. Essa tarefa tornou-se bem mais difícil, uma vez que esses campos de conhecimento têm sido dominados por tradições intelectuais bastante diferentes. O novo quadro de referência unificador que propusemos deriva-se da singularidade apresentada pelo ciclo da produção/consumo biológicos do sistema alimentar à organização industrial. Sentimos que essa abordagem é uma que nos permite não só entendermos a forma, em particular, pela qual o sistema alimentar desenvolveu-se historicamente, mas também avaliarmos a significatividade atual das biotecnologias.

Enfatizamos acima de tudo as maneiras pelas quais as biotecnologias quebram potencialmente a cadeia que une produtos agrícolas e seu consumo final. Isso não significa, no entanto, que as bases tradicionais do sistema alimentar serão necessariamente solapadas. De fato, capitais industriais organizados em torno de sistemas agrícolas, de comercialização e de processamento primário específicos - grãos e criações -, constituíram-se historicamente no pivô de todo o sistema agroalimentar e defenderão a sua proeminência atual. Mas o ponto crucial é que suas biotecnologias oferecem agora estratégias alternativas e autônomas aos interesses econômicos localizados em pontos diferentes dentro de uma anteriormente interdependente cadeia de produção.

E mais, se interesses tradicionais estão, atualmente, reforçando a sua posição através da diversificação de produtos, o desenvolvimento desses novos mercados é um resultado direto de biotecnologias modernas, como no caso do complexo americano de grãos ou das indústrias brasileiras de açúcar. Assim, conquanto os interesses ligados aos cereais/carne possam ter bloqueado a expansão da proteína de célula única nos principais países da OECD, a sua produção tem aumentado no Bloco do Leste, em países do Terceiro Mundo como o México e Cuba, que começaram a produção da proteína com a cana-de-açúcar e preços baixos do petróleo podem reativar os planos de produção no Oriente Médio.

Sistemas agrícolas tradicionais e processadores primários, assim, defendem-se contra a trivialização de seus produtos através do aumento da diversificação, mas eles o fazem às custas de intensificação da competição ao nível dos complexos de produtos: açúcar-versus-amido-versus-celulose. Mesmo dentro desses complexos, os elementos decisivos são agora os produtos

'intermediários. É o amido, e não o milho, que é importante e, portanto, ele pode provir igualmente da batata ou da mandioca.

Em adição, estratégias apropriacionistas podem também assumir formas completamente novas. Na cidade dormitório de Funabashi, perto de Tóquio, por exemplo, o supermercado Lalapont está equipado com sua própria firma de hidroponia vegetal *in situ,* enquanto que cientistas franceses prevêem vacas de leite competindo com fábricas farmacêuticas na produção de produtos protéicos especializados.

No caso do setor de produtos alimentícios finais, biotecnologias oferecem a dupla opção de acelerar a substituição através &: tecnologias de enzimas e de culturas de tecidos e de fazer avançar a apropriação através de insumos agrícolas feitos "sob medida". Ao mesmo tempo, no entanto, biotecnologias incrementam os prospectos de incorporar produtos agrícolas finais, adequadamente "engenhados", ao sistema alimentar.

A versatilidade das biotecnologias, portanto, multiplica as estratégias para acelerar tanto a apropriação quanto a substituição. É por essa razão que as maiores transnacionais ligadas ao sistema alimentar estão se movendo para a biotecnologia, envolvendo-se simultaneamente em grande número de *aquisições, joint ventures* e contratos de P&D para garantir seu controle sobre um sistema agroalimentar em rápida transição.

Se as biotecnologias apresentam novas estratégias para os diferentes interesses econômicos na cadeia da produção, isso também é verdade para o consumidor. O seu impacto na sociedade promete ser nada menos que revolucionário, com a crescente transformação de "comida" em "nutrição". Vale a pena enfatizar que uma maior consciência sobre critérios nutricionais não pode ser reduzida ao retorno a alimentos naturais integrais. Tais critérios podem ser igualmente atendidos por uma dieta balanceada de alimentos bioindustriais ou pelos produtos da agricultura orgânica adequadamente melhorados através da engenharia genética. Novos padrões de demanda, portanto, poderiam fortalecer tendências em favor tanto da apropriação quanto da substituição. O que está claro, no entanto, é que com os requisitos básicos do consumo fisiológico de modo geral satisfeitos (embora desigualmente) nos países industrializados e os alimentos sendo definidos crescentemente de acordo com os eixos paralelos e potencialmente conflitantes do prazer e da saúde, a demanda tornar-se-á mais volátil. A capacidade de responder à demanda, portanto, dependerá crescentemente de sistemas de produção flexíveis.

Não obstante havermos criticado a tese do "complexo agroindustrial", falamos do sistema agroalimentar e analisamos a Revolução Verde como a internacionalização desse sistema. No entanto, à medida em que as biotecnologias intensificam as tendências em direção à apropriação e à substituição, a posição dos países do Terceiro Mundo dentro do sistema alimentar será redefinida

radicalmente, A continuação do presente estudo bem poderia dirigir-se a esse tema. As biotecnologias parecem ameaçar seriamente a participação do Terceiro Mundo nos mercados mundiais de alimentos: hoje, o açúcar está sendo substituído pela nova geração de adoçantes; amanhã, a tecnologia de enzimas poderia simular gostos e cheiros de culturas tropicais e elevar a qualidade dos óleos produzidos localmente. Em adição, a biotecnologia vegetal e proteção de cultivos poderiam permitir a produção, no Hemisfério Norte, de culturas "típicas" do Terceiro Mundo.

Por outro lado, as biotecnologias poderiam criar novos usos para culturas de exportação marginalizadas como matérias-primas para indústrias de processamento primário e também aumentar o conteúdo de nutrientes em culturas de alimentos básicos. De forma semelhante, a combinação da biotecnologia vegetal com novas técnicas biológicas de preservação-transporte de produtos agrícolas poderia estabelecer novos espaços competitivos para as culturas do Terceiro Mundo nos mercados mundiais. Enquanto as velhas vantagens comparativas estão sendo corroídas, provavelmente surgirão novas oportunidades para aqueles países que forem capazes de estabelecer uma capacidade interna de pesquisa e desenvolvimento biotecnológicos.

Durante todo este livro, argumentamos que o sistema agroalimentar pode ser entendido à luz das características biológicas que governam o processo de produção/consumo agrícolas. Se a biotecnologia representa um grande avanço qualitativo no sentido de que a natureza agora pode ser reconstituída industrialmente, isto significa que o sistema alimentar perde a sua especificidade e está aberto para assimilação dentro das transformações mais amplas do sistema industrial? Nós enfatizamos o desenvolvimento da bioindustrialização, com a crescente transferência e intercambialidade tanto dos processos químicos quanto de insumos entre os setores alimentar, químico e farmacêutico.

Em um sentido mais geral, no entanto, o movimento para a substituição na indústria alimentar teve curso paralelo à mudança em outros setores fabris, de afastamento das matérias-primas básicas em direção a "novos materiais" compostos, com conseqüências negativas semelhantes para a participação dos países do Terceiro Mundo nos mercados mundiais. O sistema agroalimentar, portanto, incorpora-se agora à longa tendência da indústria de trivializar seus insumos, que são produtos primários ou a natureza. O corolário é o papel fortalecido da P&D e a mudança concomitante das firmas mais importantes em direção à venda da ciência, tecnologia e serviços ao invés de produtos específicos. Como argumentamos no Capítulo 3, uma das conseqüências importantes das biotecnologias é a de acelerar a incorporação da indústria alimentar, na revolução da microeletrônica, o que, novamente reforçará a elevação de indústrias baseadas em ciência, especializadas em serviços. Daí, conquanto a visão de um sistema alimentar crescentemente integrado em uma bioindústria baseada na ciência seja

suficiente para definir a dinâmica radical das biotecnologias, mesmo isso pode estar amarrado estreitamente demais à concepção convencional de estrutura industrial.

À medida em que biotecnologias quebram a especificidade do sistema alimentar, este também pode ser integrado à tendência em direção aos serviços, prenunciando uma nova divisão do trabalho entre o consumidor, o trabalho doméstico e a indústria. Como um cenário mais apropriado para o futuro, portanto, podemos antever uma indústria fornecendo uma ampla gama de produtos alimentícios intermediários para transformação doméstica, via equipamentos para cozinhar e armazenar programados por computador, suplementados pela produção doméstica automatizada de hortaliças frescas. Nessa perspectiva, a biotecnologia e a microeletrônica marcariam o fim da pré-história da indústria alimentar e a sua incorporação às dinâmicas mais abrangentes do sistema industrial e da sociedade pós-industrial.

## BIBLIOGRAFIA


Aduddell, R. M. e Cain, L. P. 1973: Location and collusion in the meatpacking industry. In L. P. Cain and P. J. Uselding (eds.), *Business Enterprise and Economic Change.* Kent, Ohio: Kent State University Press.

________ 1981a: Public policy toward the 'Greatest Trust in the World'. *Business History Review,* 55 (2), Verão

________1981b: The consent decree in the meatpacking industry. *Business History Review,* 55 (3), Outono

Allen, G. E. 1978: *Life Science in the Twentieth Century.* Cambridge: Cambridge University Press.

_______1979: The transformation of a science: T. H. Morgan and the emergence of a new American biology. In A. Oleson and J. Voss (eds.), *The Organization of Knowledge in Modern America, 1860-1920,* Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Ankli, R. E. 1976: The coming of the reaper. In P. J. Uselding (ed.), *Business and Economic History,* 2nd series, vol. 5 Urbana, m.: University of Illinois Press.

Arnould, R. J. 1971: Changing patterns of concentration in American meat packing, 1880-1963, *Business History Review,* 45, Primavera.

Arthey, D. 1983: Field vegetable production and processing. *Chemistry, and Industry,* Agosto.

Ashby, A. W. 1978: Britain's food manufacturing industry and its present economic development. *Journal of Agricultural Economics,* 29 (3).

Atack, J. 1982: Farm and farm-making costs revisited. *Agricultural History,* 56 (4).

Aulie, R. P. 1974: The mineral theory. *Agricultural History,* 48 (3), Julho.

Banaji, J. 1977: Modes of production in a materialist conception of history. *Capital and Class,* 3, Outono.

Barton, K. A. e Brill, W J. 1983: Prospects in plant genetic engineering. *Science,* 219,671-6.

*BIOTECH* 83 1983: *Conference Proceedings.* Northwood, UK: Online Publications Ltd.

*BIOTECH* 84 1984: *The World Biotech Report* 1984, *Volume 1:Europe.* Northwood, UK: Online Publications Ltd.

Bogue, A. G. 1968: *From Prairie to Com Belt.* Chicago: Quadrangle Books.

__________1983: Changes in mechanical and plant technology: the combelt, 1910-1940. *The Journal of Economic History. 43 (1).*

Board on Science and Technology for international Development (BOSTID) 1982: *Priorities in Biotechnology Research for International Development.* Washington, DC: National Research Council.

Bowler, I. R. 1985: *Agriculture under the Common Agricultural Policy* Manchester: Manchester University Press.

Boyer, J. S. 1982: Plant productivity and environment. *Science, 218.* Outubro, 29.

Brady, N. C. 1982: Chemistry and world food supplies. *Science. 218.* Novembro, 26.

Braunholtz, J. T 1981: Crop protection: the evolution of a chemical industry. In D. H. Sharp and T F. West (eds.), *The Chemical Industry,* Chichester. Ellis Horwood Ltd.

Bray, J. O. e Watkins, P 1964: Technical change in com production in the United States, *1870-1960. Journal of Farm Economics. 46.* Novembro.

Breslow, R. 1982: Artificial enzymes. *Science,* 218, Novembro, 5.

Brill, W. J. 1981: Agricultural microbiology. *Scientific American. 245* (3).

Brown, L. R. 1970: *Seeds of Change. The Green Revolution and Development in the 1970s.* Nova York: Praeger.

Bull, A. T, Holt, G. e Lilley, M. D. 1982: *Biotechnology: International Trends and Perspectives.* Paris: OECD.

Bullock, J. B. 1984: Future directions for agricultural policy. *American Journal of Agricultural Economics,* 34 (3).

Burns, J. A. 1983: The UK Food Chain, with particular reference to the inter-relations between manufacturers and distriblltors. *The Journal of Agricultural Economics,* 34 (3).

_______, Mclnemey, J. e Swinbank, A. (eds.) 1983: *The Food Industry: Economics and Policies.* Londres: Heinemann.

Buttel, F. H. 1982: The political economy of part-time farming. *Geojournal,* 6 (4).

__________1983: Beyond the family farm. In G. F. Summers (ed.) *Technology and Social Change in Rural Areas,* Boulder, Col.: Westview Press.

_________1985: The Political Economy of Agriculture in Advanced Industrial Societies: Some Observations on Theory and Method. (Mimeo).

_________e Newby, H (eds.) 1980: *The Rural Sociology of Advanced Societies: Critical Perspectives.* Montclair, NJ: Allanheld Osmum.

Buzzell, R. D. e Nourse, R. E. M. 1967: *Product Innovation in Food Processing.* Boston, cited in OECD (1979).

Byé, P e Mounier, A. 1984: *Les Futurs Alimentaires Et Energetiques Des Biotechnologies.* Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.

Byres, T. J. 1981: The new technology, class formation, and class action in the Indian countryside. *The journal of Peasant Studies*, 8 (4).

Carson, R. 1962: *The Silent Spring.* Houghton Mifflin.

Cheetham, P. 1983: Bright future for the biological fix *Spectrum,*184/1. (Reprinted in *Genetic Engineering and Biotechnology Monitor,* 7 (Vienna, UNIDO).

Cherfas, J. 1982: *Man Made Life: A Genetic Engineering Primer.* Oxford: Basil Blackwell.

Chorley, G. P. H. 1981: The agricultural revolution in Northern Europe, 1750-1880: nitrogen, legumes, and crop productivity. *Economic History Review,* 34 (1).

Chou, M., Harmon, Jr., D. P., Kahn, H. e Wittwer, S. H. 1977: *World Food Prospects and Agricultural Potential.* New York: Praeger.

Clout, H. 1984: *A Rural Policy for the EEC?* Londres: Methuen.

Cochrane, W. W. 1979: *The Development of American Agriculture: A Historical Analysis. Minneapolis MN: University of Minnesota Press.*

Coleman, D. C. 1969: *Courtaulds: an Economic and Social History.* Oxford, Clarendon Press.

Collins, E. J. T. 1969a: Harvest technology and labour supply in Britain, 1790-1870. *Economic History Review,* 22 (3).

____________1969b: Labour supply and demand in European Agriculture, 1800-1880. In E. L. Jones and S. J. Woolf (eds.), *Agrarian Change and Economic Development,* Londres: Methuen.

___________1976: Migrant labour in British agriculture in the nineteenth century. *Economic History Review,* 29 (1).

Congressional Research Service (CRS) 1984: *Recent Advances in the Plant Sciences: Applications to Agriculture and Agricultural Products.* A Report for the Committee on Science and Technology, US House of Representatives, Washington, DC: US Government Printing Office.

Connor, J. M. 1980: *The US Food and Tobacco Manufacturing Industries.* Washington, DC: Agricultural Economic Report no. 451, USDA/ESC.

Cooke, G. W. 1982: The place of fertilizers in production systems: a century of progress and future prospects. In D. H. Sharp e T. F. West (eds.), *The Chemical Industry,* Chichester: Ellis Horwood Ltd.

Cooper, D. 1986: Pursuit of the possible. *The Listener,* Janeiro, 30.

Cox, S. W. R. 1982: The role of microelectronics in a agriculture and horticulture. *Chemistry and industry, Setembro, 4.*

Cross, M. 1985: Down on the automatic farm. *New Scientist, 108* (1483), Novembro, 21.

Crosson, P. R. 1982: Future economic and environmemal costs of agricultural land. In P. R. Crosson (ed.), *The Cropland Crisis: Myth or Reality?* Baltimore, MO: Resources for the Future, Inc.

Crott, R. 1982: A case-study of the impact of biotechnology: isoglucose, economic and policial aspects. In *L 'Impact des Biotechnologies sur le Tiers Monde.* Paris: FAST/CNRS/UNESCO.

Crouzet, F. 1982: *The Victorian Economy.* Londres: Methuen.

Dahlberg, K. A. 1979: *Beyond the Green Revolution. The Ecology and politics of Global Agricultural Development.* Nova York: Plenum Press.

Danhof, C. H. 1969: *Change in Agriculture: The Northem United States, 1820-1870.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

David, P. A. 1966: The mechanization of reaping in the antebellum Mid-West. In H. Rosovski (ed.), *Industrialization in two Systems.* Nova York: John Wiley.

__________1971: The landscape and the machine: technical interrelatedness, land tenure and the mechanisation of the corn harvest in Victorian Britain. In O. N. McCloskey (ed.), *Essay's 011 a Mature Economy: Britain after 1840,* Londres: Methuen.

Derry, T. K. e Williams, T. I. 1970: *A Short History of Technology.* Oxford: Oxford University Press.

Dickson, D. 1985: Chemical giants push for patents on plants. *Science.* 228, junho, 14.

Dovring, F. 1966: The transformation of European agriculture. In H. J. Habakkuk e M. Postan (eds.), *Cambridge Economic History of Europe,* vol. VI, Cambridge: Cambridge University Press.

Drache, H. M. 1964: *The Day of the Bonanza: A History of Bonanza Farming in the Red River Valley of the North.* Fargo: Dakota do Norte Institute for Regional Studies.

Dunnill, P. 1981: Biotechnology and industry. *Chemistry and Industry.* Abril, 4.

________e Rudd, M. 1984: *Biotechnology and British Industry.* (A Report to the Biotechnology Directorate of the Science and Engineering Council, Londres).

EEC 1985: *The Agricultural Situation in the Community. 1984 Report.* Bruxelas.

Eisenberg, S. K. n.d.: A New Approach to the Industrialisation of Agricultural Crops. Mimeo: Whittaker Agri-Systems, Whittaker Corporation.

Eveleigh, O. E. 1981: The microbial production of industrial chemicals. *Scientific American.* 254 (3), Setembro.

Fairtlough, G. H. 1984: The impact of advanced biotechnology in industries outside health care and agriculture. *BIOTECH 84,* Northwood, UK: Outline Publications Ltd.

Faure, e. 1978: *Agriculture et Capitalisme.* Paris: Anthropos.

Fite, G. 1980: Mechanization of cotton production since World War II. *Journal of Agricultural History,* 54 (1).

Fletcher, T. W. 1961: The Great Depression of English Agriculture, *1873-1896. the Economic History Review,* 13 (2).

Forste, R. H. e Frick, G. E. 1979: Dairy. In L. P. Schertz et al., *Anoth Revolution in US Farming?* Washington, DC: US Departament of Agriculture.

Fried, M. I. 1976-7: Historical introduction to the use of nuclear techniques for food and agriculture. *International Atomic Energy Agency Bulletin,* 18, supplement.

Friedland, W. H. 1985: *Agriculture As a Production Sphere.* (Unpublished manuscript).

Goodman, D. E., Sorj. B. e Wilkinson, J. 1984: Agro-industry, state policy and rural social structures: recent analyses of proletarianisation in Brazilian agriculture. In B. Munslow and H. Finsh (eds.). *Proletarianisation in the Third World,* Londres: Croom Helm.

Goos, K. F., Rodefeld, R. O. e Buttel, F. H. 1980: The political economy of class structure in US agriculture: a theoretical outline. In F. H. Buttel and H. Newby (eds.), *the Rural Sociology of the Advanced Societies: Critical Perspectives,* Montclair, NJ: Allanheld Osmun.

Guither, H. D., Uffut, S. E., Schmidt, S. C. e Sptize, R. G. F. 1984: Policy concerns for the 1985 agricultural and food policy. In US Senate, *Farm Policy Perspectives: Setting the Stage for* 1985 *Agricultural Legislation,* Washington, De.

Haas, M. J. 1984: Methods and applications of genetic engineering. *Food Technology,* Fevereiro.

Haber, L. F. 1958: *The Chemical Industry during the Nineteenth Century.* Oxford: Clarendon Press. - 1971: *Chemical lndustry, 1900 -1930.* Oxford: Clarendon Press.

Harrington, D. H., Reimund, D. A., Braum, K. H. e Peterson, R. N. 1983: US *Farming in the Early 1980s: Production and Financial Structure.* Washington, DC: US Departament of Agriculture, Agricultural Economic Report no. 504.

Hayami, Y. e Ruttan, V. W. 1971: *Agricultural Development. An International Perspective,* Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Heady, E. O. 1976: The agriculture of the US *Scientific American,* Setembro.

__________1982: The adequacy of agricultural land: a demand-supply perspective. In P. R. Crosson (ed.), *the Cropland Crisis: Myth or Reality?* Baltimore, MD: Resources for the Future, Inc.

Hewitt de Alcantara, C. 1976: *Modernizing Mexican Agriculture:Socio- economic Implications of Technological Change* Geneva: UNRISD.

Hightower, J. 1978: *Eat Your Heart Out.* Nova York: Vintage Books.

Homem de Melo, F. e Fonseca, E. Ginnetti da 1981: PROALCOOL, *Energia e Transportes.* São Paulo: FIPE Pioneira.

Hussein, A. e Trible, K. 1981: *Marxism and the Agrarian question, Vol. 1*, *German Social Democracy and the Peasantry, 1890-1907.* Londres. MacMillan.

International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) 1981: *Staff Appraisal Report: Brazil Alcohol and Biomass Energy Development Project.* Washington, DC: IBRD.

Johnston, B. F. e Kilby, P. 1975: *Agriculture and Structural Transformation.* Londres: Oxford University Press.

Jones, E. L. 1974: *Agriculture and the Industrial Revolution.* Oxford: Basil Blackwell.

Jones, L. R. 1977: 'The mechanization of reaping and mowing in American agriculture, 1833-1870': A Comment. *Journal of Economic History,* 37 (2), Junho.

Kasha, K. J. e Reinbergs, E. 1980: Achievements with haploids in barley research and breeding. In D. R. Davies and D. A. Hopwood (eds). *The Plant Genome,* Norwich: The John Innes Charity.

Kastens, M. L. 1980: The Coming Food Industry, *Chemtech,* Abril.

Kautsky, K. 1974: *La cuestion agraria.* Paris: Ruedo Iberico.

Kenney, M., Kloppenburg Jr., J., Buttell, F. H. e Cowan, J. T. 1983: Genetic engineering and agriculture: socioeconomic aspects of biotechnology R and D in developed and eveloping countries. *BIOTECH* 83, Northwood, UK: Online Publications.

Kevles, D. J. 1980: Genetics in the United States and Great Britain, *1890-1930. Isis, 71.*

Kimmelman, B. A. 1983: The American Breeders' Association: Genetics and Eugenics in an Agricultural Context. *Social Studies of Science,* 13.

Kloppenburg, Jr., J. 1984: The social impacts of biogenetic technology in agriculture: past and future. In G. M. Berardi and C. C. Geisler (eds.), *The Social Consequences and Challenges of New Agricultural Technologies,* Boulder, Col. and Londres: Westview Press.

Krasovec, S. 1966: The future of part-time farming. *Proceedings of the Twelfth International Conference of Agricultural Economists.* Oxford: Oxford University Press.

Kudrle, R. T. 1975: *Agricultural Tractors: A World Industry Study,* Cambridge, MA: Ballinger.

Kujovich, M. Y. 1970: The refrigerator car and the growth of the American dressed beef industry. *Business History Review, 44.*

Lang, T. e Wiggins, P 1984: *The lndustrialisation of the UK Food System: From Production to Consumption.* Unpublished manuscript.

Lenin, V. I. 1899: *The development of capitalism in Russia.* Moscou: Progress Publishers, 1946.

Lewis, L. 1982: Agriculture overview. In *BOSTID 84.*

Lin, W., Johnson, J. e Calbin, J. 1981: Farm commodity programmes: who participates and who benefits? *Agricultural Economics Report,* 474, Economics Research Service, United States Department of Agriculture.

Litchfield, J. H. 1983: Single Cell Proteins. *Science,* 219. Fevereiro, 11.

Little, A. D. Inc. 1970: *Impact of Technology on the Food industries.* Cited in *impact of Multinational Enterprises on National Scientific and Technical Capacities, Food Industry,* Paris: OECD.

Luba, A. 1985: *The Food Labelling Debate.* Londres: The London Food Commission.

Malcolm, J. 1983: Food and farming. In. Burns et al. (eds), *The Food Industry: Economics and Policies,* Londres: Heinemann.

Mann, S. A. e Dickinson, J. M. 1978: Obstacles to the development of a capitalist agriculture. *The journal of Peasant Studies,* 5 (4).

_________1980: State and agriculture in two eras of American capitalism In F. H. Buttel and H. Newby (eds.), *The Rural Sociology of Advanced Societies: Critical Perspectives,* Montclair NJ: Allanheld Osmun.

Marstrand, P K. 1981: *Patterns of Change in Biotechnology.* Brighton: University of Sussex, Science Policy Research Unit (SPRU). SPRU Occasional Publications Series, 15.

Marten, J. R. 1979: Beef. In L. P Schertz et al. *Another Revolution in US Farming?* Washington, DC: USDA.

Martinson, O. B. e Campbell, G. R. 1980: 'Betwixt and between: farmers and the marketing of agricultural inputs and outputs. In F. H. Buttel and H. Newby (eds.), *The Rural Sociology of Advanced Societies: Critical Perspectives,* Montclair, NJ: Allanheld Osmun. .

Matthews, J. 1982: The mechanical farm of the future. *Chemistry andIndustry,* Setembro.

Maugh, T. H. 1984. Semisynthetic enzymes are new catalysts. *Science,* 223, Janeiro, 13.

Miller, M. 1985: *Danger! - Additives At Work. A Report on Food Additives, their use and control.* Londres: The London Food Commission.

Millstone, E. 1985: Food Additive Regulation in the UK. *Food Policy,* Agosto. - 1986: *Food Additives,* Harmondsworth: Penguin.

Milward, A. S. e Saul, S. B. 1977: *The development of the economies of continental Europe.* Londres: George Allen & Unwin.

Mollard, A. 1978: *Paysans Exploites.* Grenoble: Presses Universitaires.

Mooney, P. R. 1983: The law of the seed. Another development and plant genetic resources. *Development Dialogue, 1-2.*

Morehouse, W. e Dembo, D. 1984: *Transnational Corporations in Biotechnology,* Nova York: mimeo.

Morgan, D. 1979: *Merchants of Grain.* New York: The Viking Press.

Murray, R. 1978: Value and theory of rent: part two. *Capital and Class,* Primavera, 4.

Murray, S. N. 1967: *The Valley Comes of Age. A History of Agriculture in the Valley of the Red River of the North.* Fargo: Dakota do Norte Institute of Regional Studies.

Newby, H. 1977: *The Deferential Worker* Londres: Allen Lane.

________ and Utting, P. 1984: Agribusiness in the United Kingdom: social and political implications. In G.M. Beradi and C. C. Geisler (eds.), *The Social Consequentes and Challenges of New Agricultural Technologies,* Boulder, Col.: Westview Press.

Northfield Commission 1979: *Report of the Committee of Inquiry into the acquisition and occupancy of agricultural land.* Chairman: The Rt. Hon. Lord Northfield, Londres: HMSO Cmnd. 7599.

Ng, T. K., Busche, R. M., McDonald, C. C. e Hardy, R. W. F. 1983: Production of feedstock chemicals. *Science,* 219, Fevereiro, 11.

O'Brien, P., 1977: Agriculture and the Industrial Revolution. *Economic History Review,* 30 (1).

Olmstead, A. R. 1975: The mechanization of reaping and mowing in American agriculture, *1833-1870. Journal of Economic History, 35* (2), Junho.

________1979: The diffusion of the reaper: one more *time! Journal of Economic History,* 39 (2), Junho.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), *1975: Unconventional Foodstuffs for Human Consumption.* Paris: OECD.

___________1977: *Part-time Farming: Germany, Japan, Norway, United States.* Paris: OECD.

__________1978a: *Part-time Farming: Austria, France, Belgium.Canada, Finland, Ireland, Italy, Netherlands, New Zealand, Switzerland.* Paris: OECD.

__________1978b: *Part-time Farming: in OECD countries.* Paris: OECD.

__________1979: *impact of Multinational Enterprises on National Scientific and Technical Capacities. Food Industry.* Paris: OECD.

1984: *issues and Challenges for OECD Agriculture in the 1980s.* Paris: OECD.

Office of Technology Assessment (OTA) 1981: *impacts of Applied Genetics.* Washington, DC: US Congress

________1984: *Commercial Biotechnology, An international Analysis.* Washington, DC: US Congress

________1986: *Technology, Public Policy and the Changing Structure of American Agriculture.* Washington, DC: US Congress

Paarlberg, D. 1980: *Farm and Food Policy, Issues of the 1980s.* Lincoln, NE.: University of Nebraska Press.

Palmer, I. 1972: *Science and Agricultural Production.* Geneva: United Nations Research Institute for Social Development.

Parker, K. J. 1980: Probable future of natural products as chemical raw materials. In *Biotechnology: A Hidden Past, A Shining Future,* The Hague, Netherlands: Netherlands Central Organisation for Applied Scientific Research, TNO.

Parker, R. C. 1976: *The Status of Competition in the Food Manufacturing and Food Retailing Industries.* Madison, WI: University of Wisconsin, NC Project 117, Working Paper Series.

Parker, W. N. e Klein, J. L. V. 1966: Productivity growth in grain production in the United States, 1840-1860 and 1900-1910. *Output, Employment and Productivity in the United States after 1900.* Nova York: Columbia University Press, NBER Studies in Income and Wealth, vol. 30.

__________and Decanio, S. J. 1982: Two hidden sources of productivity growth in American agriculture, 1860-1930. *Agricultural History,* 56 (4).

Pearse, A. 1980: *Seeds of Plenty, Seeds of Want. Social and Economic Implications of the Green Revolution.* Oxford: Clarendon Press, United Nations Research Institute for Social Development.

Perelman, M. 1977: *Farming for Profit in a Hungry World.* Montclair, NJ: Allanheld, Osmun.

________1979: Obstacles to the Development of a Capitalist Agriculture: A Comment on Mann and Dickenson. *The Journal of Peasant Studies,* 7 (1).

Perutz, M. 1985: The birth of protein engineering. *New Scientist,* nº. 1460, Junho, 13.

Peterson, G. E. 1967: The discovery and development of 2, 4-0. *Agricultural History,* LXI (3), Julho.

Pond, W. G. 1983: Modern Pork Production. *Scientific American, 248* (5).

Polopolos, L. 1984: Agricultural economics beyond the farm gate. In US Senate, *Farm Policy Perspectives: Setting the Stage for 1985 Agricultural Legislation,* Washington DC: United States Senate Committee on Agriculture, Nutrition and Forestry.

Prentis, S. 1984: *Biotechnology: A New Industrial Revolution.* Londres: Orbis Publishing.

Pyke, M. 1981: *Food Science and Technology.* 4th edn. Londres: John Murray.

Rachie, K. o. e Lyman, J. M. 1981: *Genetic Engineering for CropImprovement.* Nova York: The Rockefeller Foundation.

Rasmussen, W. D. 1962: The impact of technological change in American agriculture, *1862-1962. Journal of Economic History, 22* (4).

_________1982: 'The mechanisation of agriculture. *Scientific American,* 247 (3), Setembro.

Reader, W. J. 1970: *Imperial Chemical Industries: A History. Volume I. The Forerunners, 1870-1926,* Londres: Oxford University Press.

___________1975*: Imperial Chemical Industries: A History. Volume II. The First Quarter Century,* 1926-1952. Londres: Oxford University Press.

Rexen, F. e Munck, L. 1984: *Cereal Crops for Industrial Use in Europe,*Copenhagen: EEL and Carlsberg Research Laboratory.

Rogers, G. B. 1979: Poultry and eggs. In L. P. Schertz et al., *Another Revolution in US Farming?* Washington, DC: USDA.

Rosenberg, C. E. 1976: *No other Gods: On Science and American Social Thought.* Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

__________1977: Rationalization and reality in the shaping of American agricultural research, 1875-1914. *Social Studies of Science, 7.*

Rossiter, M. W. 1975: *The Emergence of Agricultural Science,* New Haven: Yale University Press.

_______1979: The organization of the agricultural sciences. In A. Oleson and J. Voss (eds.), *The Organization of Knowledge in Modern America, 1860-1920.* Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Russell, E. J. 1966: *A History of Agricultural Science in Great Britain.* Lenders: George Allen & Unwin. ). Sainsbury plc. 1985: *Sainsbury* s *Press Release.* Londres, Janeiro, 24.

Seroa da Motta, R. 1985: *Alcohol as Fuel: A Cost-Benefit Study of the Brazilian National Alcohol Programme.* PhD. Dissertation, University of London.

Servolin, C. 1972: L'absorption de l'agriculture dans le mode de production capitaliste. *L'Univers Politique des Paysans.* Cahiers de la Fondation Nationale dess Sciences Politiques. Paris: Armand Colin.

Sharp, M. 1982: Biotechnology in Europe: a technology in transition. Unpublished manuscript. .

Sharp, W. R., Evans, D. A. e Ammirato, P. V. 1984: Plant genetic engineering: designing crops to meet food industry specifications. *Technology,* Fevereiro.

Shaw, C. H. 1984: Genetic engineering of crop plants: a strategy for the future, and the present. *Chemistry and Industry, 23,* Dezembro.

Singer, C., Holmyard, E. J., Hall, A. R. e Williams, T. L 1958: *A History of Technology. Volume* 5. *The Late Nineteenth Century, 1850-1900. Oxford: Clarendon Press.*

Sorj, B. 1980, *Estado e Classes Sociais na Agricultura Brasileira,* Rio de Janeiro: Zahar.

Sorj, B., Pompermayer, M., Coradini, O. L. 1982, *Camponeses e Agroindústria,* Rio de Janeiro: Zahar.

Stewart, G. G. 1983: Impact of biotechnology on the food and beverage sector. In *BIOTECH* 83, *Conference Proceedings,* Northwood, UK: Online Publications Ltd.

Swaminathan, M. S. 1982: Perspectives in biotechnology research from the point of view of Third World countries. In *BOSTID.*1984: Rice. *Scientific American,* 250 (1), Janeiro.

Tannahill, R. 1975: *Food in History,* Frogmore: Paladin.

Taylor, R. J. 1981: *Food Additives.* Colchester: john Wiley. Technical Change Centre 1985: *The United Kingdom Food Processing Industry.* Londres: Technical Change Centre.

Teweles, L. W. 1983: Bringing the new plant biotechnologies to the market place. In *BIOTECH* 83, Northwood, UK: Online Publications Ltd.

Thompson, F. M. L. 1968: The second agricultural revolution. *Economic History Review,* 21 (1).

Tosterud, R. e Jahr, D. 1982: *The Changing Economics of Agriculture; Challenge and Preparation for the 1980s.* Washington DC: Subcommittee on Agriculture and Transportation, joint Economic Committee, Congress of the United States, Dezembro, 28.

Tracy, M. 1982: *Agriculture in Western Europe,* 2nd edn, Londres: Granada.

Tweeten, L. 1984: Excess farm supply: permanent or transitory? In US Senate, *Farm Policy Perspectives: Setting the Stage for 1985 Agricultural Legislation,* Washington DC: United States Senate Committee on Agriculture, Nutrition and Forestry.

Ulmer, K. J. 1983: Protein engineering. *Science,* 219, Fevereiro, 11.

United States Department of Agriculture - Economic Research Service (USDA-ERS) 1972: *Contract Production and Vertical Integration in Farming, 1960and 1970.* Washington DC: USDA, Report no. 479, Abril.

United States Department of Agriculture 1981: *A Time to Choose. Summary Report on the Structure of Agriculture.* Washington, DC: USDA.

___________1984: *Fact Book of US Agriculture.* Washington, DC: USDA. US Senate 1984: *Farm Policy Perspectives: Setting the Stage for 1985 Agricultural Legislation.* Washington DC: United States Senate Committee on Agriculture, Nutrition and Forestry.

Van Arsdall, R. N. e Gilliam, H. C. 1979: Pork. In L. P. Schertz et al., *Another Revolution in US Farming?* Washington, DC: USDA.

Vedder, R. K. 1976: Some evidence on the scale of the antebellum farm implement industry. In P. j. Uselding (ed.), *Business and Economic History,* Second series, vol. 5, Urbana, III: University of Illinois.

Vergopoulos, K. 1974. *La Question paysanne et le Capitalisme.* Paris: Anthropos.

Vogeler, I. 1981: *The Myth of the Family Farm: Agribusiness Dominance of US Agriculture.* Boulder, Col.: Westview Press.

Wilkinson, J. 1985, *Estado, Agroindústria e Pequena Produção,* São Paulo: Hucitec.

Wilson, C. H. 1954: *The history of Unilever: a study in economic growth and social change.* 2 vols. Londres: Cassell.

Wittwer, S. H. 1980: *Research and Technology Needs for the 21st Century.* East Lansing, MI: Michigan Agricultural Experiment Sution Publication n. 9502.

Yanchinski, S. 1985: *Setting Genes to Work: The Industrial Era of Biotechnology.* Harmondswonh: Penguin.

Yeager, M. 1981: *Competition and Regulation: The Development of Oligopoly in the Meat Packing Industry.* Greenwich, CN: JAI Press.

Yoxen, E. 1981: Life as a productive force: capitalising the science and technology of molecular biology. In L. Levidow and R. M. Young (eds.), *Science, Technology and the Labour Process: Marxist Studies,* vol. 1, Londres: CSE Books.

________1983: *The Gene Business.* Londres: Pan.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

**B**

**D**

**E**

**F**



**G**

**H**

**I**

**J**



**K**



**L**

**M**

**N**

**O-P**

**Q-R**

**S**

**T**

**U**



**V-W**

**X-V**

## NOTAS

[1] Compare, por exemplo, a transição ocorrida na produção de têxteis, do sistema rural *("putting-out')* à produção fabril concentrada e mecanizada. Neste caso, um único e unificado processo de trabalho capitalista se estabeleceu num período de tempo relativamente curto por meio da eliminação da antiga indústria artesanal.

[2] No Capítulo 3 examinamos possíveis tendências contrárias que se originam dos avanços nas biotecnologias.

[3] Dito isto, temos plena consciência de que o modo anárquico de incorporação destas apropriações industriais parciais da produção rural é a causa dos custos sociais incalculáveis da poluição ambiental e da degradação ecológica das áreas rurais.

[4] A respeito da queda de fertilidade das terras agrícolas pelo "solapamento do solo" associado com a rápida mecanização da produção de milho nos anos 1870-1937, ver Bray e Watkins (1964).

[5] Parker e Klein (1966), que calculam que a produção por hora-homem na produção de grãos nos Estados Unidos quadruplicou entre 1840-60 e 1900- 10, atribuem este crescimento à mecanização e à incorporação de novas terras. Rasmussen (1962) dá mais ênfase à mecanização do que à melhoria da qualidade da terra, observando que a produção de trigo declinou no período de 1840-80. Este período coincidiu com a redução mais marcante em horas-homem necessárias para produzir cem *busbels** de trigo - de 223 para 152 horas-homem. A partir de então os ganhos de produtividade do trabalho se estabilizaram. Os incrementos nas safras por *acre*** somente começaram a contribuir significativamente para o crescimento da produção e da produtividade depois de 1930.

* Medida de capacidade equivalente a 35,238 litros. (N. do T.).

** Unidade de área equivalente a 4047m' (N. do T.).

[6] A capitalização da atividade agrícola é claramente ilustrada pela lista apresentada por Bogue (1968) dos implementos e máquinas agrícolas em exibição na Feira do Estado de Iowa de 1857. Para uma discussão mais detalhada, além de Bogue (1968), ver Danhof (1969) e as contribuições à literatura sobre os custos da atividade agrícola, recentemente resenhadas por Atack (1982).

[7] As implicações da relação entre tecnologia e oferta de mão-de-obra para o trabalho rural são discutidas no capítulo sobre as estruturas rurais.

[8] Nas palavras de um pioneiro do Estado de Iowa recordando seu aprendizado com a relha de madeira e com os arados puxados por bois, estes eram "...apenas um pouco melhores do que o instrumento do antigo Egito obtido de um galho de árvore em forma de garfo, com um pedaço grosseiro de ferro em um dos ramos e o boi ou burro atado ao outro". (Danhof, 1969: p. 184).

[9] Sobre a persistência de métodos manuais de cultivo de cereais na agricultura britânica até fins do século XIX, ver Collins (1969a e b; 1976). A possível influência das condições do terreno na determinação da extensão e da configuração espacial da mecanização agrícola na Inglaterra antes de 1870 é discutida por David (1971).

[10] Não nos ocupamos aqui do debate sobre os determinantes da taxa de difusão dos implementos mecânicos da colheita no Meio-Oeste. Os leitores interessados podem consultar David (1966), Olmstead (1975, 1979), Ankli (1976) e Jones (1977).

[11] Inicialmente se esperava que o motor a vapor se constituiria numa importante fonte de economias de escala na agricultura no monocultivo mecanizado de cereais. Os principais exemplos são as fazendas *bonanza* do Vale do Rio Vermelho na Dakota do Norte e em Minnesota, inclusive a famosa fazenda Dalrymple que utilizava tratores movidos a vapor na produção de trigo em larga escala. Duas referências tradicionais a respeito desta experiência são Drache (1964) e Murray (1967).

[12] Sobre a apropriação da debulha manual por parte de máquinas de tração animal e a difusão das debulhadoras a vapor nos Estados Unidos, ver Bogue (1968) e Danhof (1969). No caso da agricultura européia posterior a 1850, ver Dovring (1966).

[13] Para uma discussão da literatura sobre a difusão dos tratores no "Corn Belt", onde as safras de fileiras cultivadas eram mais importantes que nas regiões dos pequenos grãos, ver Bogue (1983).

[14] Um possível desenvolvimento tecnológico futuro neste setor, destinado a reduzir os altos custos de energia e os efeitos adversos sobre a estrutura do solo provocados pelos pesados tratores de grande potência, é sua substituição por um sistema automático de plataformas elevadas cobrindo toda a extensão das safras por onde guindastes correriam em trilhos permanentes. A respeito deste e de outros avanços prováveis na mecanização da agricultura, ver Matthews (1982). O papel da microeletrônica na agricultura éconsiderado por Cox (1982).

[15] Dovring (1966), que prefere distinguir entre mecanização e motorização, sugere que antes da Segunda Guerra havia cerca de 200 mil tratores na Europa Ocidental. Este total cresceu de modo espetacular no pós-guerra e havia ultrapassado a marca dos 2 milhões em meados da década de 1950.

[16] Bogue (1983) estima que de 3 a 5 acres por cavalo adulto em condições de trabalho foram liberados para uso como safras alternativas e como pasto quando os cavalos foram substituídos pelo trator.

[17] Estes ritmos incluem a extensão do ciclo da planta e os períodos da gestação animal, bem como as conseqüências para a produção e o tempo-trabalho advindas dos ciclos diurnos e sazonais.

[18] Na produção de trigo, por exemplo, o número de horas-homem por acre declinou de 35 em 1840 para 20 em 1880, e para 15 em 1900 (Rasmussen, 19(2).

[19] Ao criticar o "descaso geral" por parte dos historiadores econômicos com relação a "todo o problema da disponibilidade de nutrientes", Chorley (1981) destaca a "importância avassaladora" para o crescimento da produtividade das culturas aráveis entre os anos de 1750-1880 do "... incremento notável no cultivo de leguminosas, *a uma variável no lado da oferta na economia do nitrogênio sujeita à manipulação humana naquele período de tempo".* (ib.: p.71; grifo nosso).

[20] “Alta agricultura” *(high farming)* também se refere às estratégias para aumentar a produtividade e a lucratividade das operações agrícolas por meio do incremento dos níveis de investimento fixo, notadamente na drenagem dos campos e na construção de prédios agrícolas para propósitos específicos.

[21] Os principais fornecedores eram primeiramente a Prússia, em seguida, a partir da década de 1830, a Rússia, a Índia, a partir de década de 50, e o Egito, fornecedor de sementes de algodão, desde 1865" (Thompson,1968: p. 67).

[22] A data neste parágrafo está errada segundo Thompson (1968).

[23] A famosa associação de Lawes com J.H. Gilbert também começou em 1843 e seus subseqüentes experimentos de campo e de laboratório em Rothamsted estabeleceram os princípios da nutrição das plantas e demonstraram a importância dos fertilizantes e dos adubos orgânicos no crescimento das culturas. Estas descobertas, juntamente com sua rejeição da "teoria mineral" da nutrição das plantas, de Liebig, levavam a debates vigorosos com o celebrado químico alemão. Ver especialmente Russell (1966) e Aulie (1974).

[24] A demanda crescente por superfosfatos foi também um fator determinante no crescimento inicial da indústria química pesada nos Estados Unidos. Ver Haber (1958), para maiores detalhes.

[25] Este papel-chave da indústria química no processo de substitucionismo é examinado no Capítulo 2.

[26] O carvão era a principal matéria-prima na produção de nitrogênio anterior à década de 1940, quando foi superado pela nafta e pelo querosene, destilados do petróleo, que, por sua vez, foram deslocados pelo gás natural em fins da década de 50.

[27] De certo modo esta luta parece agora ter completado todo um círculo uma vez que as pesquisas correntes sobre a fixação biológica do nitrogênio (BNF, *biologica/ nitrogen fixation)* voltam a concentrar sua atenção nos legumes. As plantas da família *Leguminosae* têm uma associação simbiótica com os microorganismos fixadores de nitrogênio e uma das linhas de pesquisa ocupa-se em descobrir meios de introduzir esta associação nas principais espécies de culturas. Estes desenvolvimentos recentes são considerados no Capítulo 3.

[28] A produção barata das matérias-primas, nitrogênio e hidrogênio sob a forma de gás, constituía-se como chave do sucesso comercial do processo Haber. O problema da oferta e da purificação dos gases foi resolvido pela introdução do processo Bosch-Wild em 1915 (Haber, 1971).

[29] Estes recursos estavam além da capacidade de todas as firmas, excetuando as gigantes como a IG Farben, Du Pont, Allied Chemical e ICI. Haber (1971) sugere que os grandes custos de capital das fábricas de amônia sintética incentivaram as fusões entre as associadas, Hoechst-Castella e Agfa-Bayer-BASF, e diversas firmas independentes, para formar a "primeira IG" em 1916. Esta companhia, tendo oito firmas como membros, foi reorganizada em 1925. As fusões que levaram à criação da ICI em 1926 foram também estimuladas "pela imposição do puro tamanho" exigido para assegurar participação nesta nova indústria de alcance mundial. (Reader, 1970).

[30] Por exemplo, as pesquisas sobre os efeitos da hibridização nos rendimentos do milho já se realizavam no Meio-Oeste em fins da década de 1870 (Bogue, 1983).

[31] A mecanização da colheita do milho em seguida à introdução de variedades híbridas é discutida separadamente mais abaixo.

[32] Um levantamento sumário do desenvolvimento da indústria de proteção de plantas está incluído em Braunholtz (1981). Embora não dediquemos uma análise especial a esta indústria, ela tem sido responsável por avanços importantes, que incluem como exemplo os herbicidas sistêmicos. Os hormônios produzidos pelas plantas para controlar o crescimento foram isolados nos anos 20, e na década seguinte reguladores sintéticos de crescimento vegetal foram desenvolvidos. Mais tarde, no final da década de 40, a pesquisa, estimulada em parte pelo interesse do Governo americano na guerra biológica, levou ao desenvolvimento de reguladores sintéticos de crescimento como herbicidas sistêmicos, incluindo o 2,4 ácido dicloro fenoxiacético (Peterson, 1967), que ganhou fama durante a guerra do Vietnã como "agente laranja".

[33] Os exemplos de convergência tecnológica examinados antes nesta discussão apontaram para a maneira em que as fronteiras de apropriacionismo foram estendidas pelos avanços na biologia de plantas.

[34] Sobre estes desenvolvimentos nos Estados Unidos, veja Allen (1979).

[35] Além de Rossiter (1979), o sistema americano é analisado também por Rosenberg (1977), que destaca as dificuldades experimentadas pelos cientistas dedicados à pesquisa pura. Russel (1966) discute o desenvolvimento da ciência agrícola na Inglaterra. O sistema japonês, a mais bem-sucedida destas iniciativas precoces, é examinado por Johnston e Kilby (1975).

[36] Tanto Rosenberg (1977) quanto Rossiter (1979) sustentam que o novo sistema não conseguiu produzir avanços significativos na criação de plantas antes da década de 1930.

[37] Ver Kimmelmann (1983), para uma interessante discussão do contexto agrícola dos primórdios da pesquisa genética e eugênica. Fontes adicionais são os trabalhos de Allen (1979), Kevles (1980), Rosenberg (1976) e Rossiter (1975; 1979).

[38] Para uma discussão mais geral a respeito do surgimento, entre 1910 e 1930, da "nova genética", ver Allen (1979).

[39] A realização do potencial mais alto de rendimento das sementes híbridas dependia também de mudanças na administração das unidades agrícolas e nas práticas de cultivo, assim como no uso mais intensivo de fertilizantes, como notamos abaixo.

[40] Mais recentemente, além das variedades de milho de polinização aberta e de milho híbrido, "...um terceiro grupo de variedades 'sintéticas' foi obtido através da combinação de linhas selecionadas de plantas e de sua produção e multiplicação por quatro ou cinco gerações através de polinização não submetida a controle. Os rendimentos situam-se entre os das duas outras variedades normalmente. Entretanto, as sementes só necessitam ser substituídas a cada três ou quatro anos" (Pearse, 1980).

[41] Há uma certa controvérsia a respeito da contribuição relativa das variedades híbridas e dos *inputs* crescentes de fertilizantes na obtenção destes rendimentos mais altos, e diversos estudos são citados por Hayami e Ruttan (1971). Os *inputs* de fertilizantes por hectare de terra cultivada nos Estados Unidos subiram de 11 para 25 quilos de nutrientes agrícolas entre 1940 e 1950, e chegaram a 49 quilos em 1960 Oohnston e Kilby, 1975).

[42] As tecnologias intensivas em capital e energia associadas com as sementes híbridas não apenas reverteram o longo declínio dos rendimentos das safras mas também reduziram a demanda de terra. Por exemplo, de acordo com Heady (1982: p. 31), "em 1979, a produção de milho de 7,6 bilhões de *bushels* em cerca de 169,4 milhões de acres teria exigido 271,9 bilhões de acres nos níveis de rendimento de 1910".

[43] Estas variedades foram introduzidas na década de 1920 e amplamente difundidas na década de 30. A aplicação muito anterior a isto de técnicas de hibridização no cultivo do arroz de clima temperado, durante o século XIX no Japão, e sua posterior transferência para a agricultura tropical em Taiwan, também é discutida por Johnston e Kilby (1975).

[44] Sobre a evolução das variedades de alto desenvolvimento (VAR) * e o papel de destaque das fundações filantrópicas americanas na criação de uma rede internacional de centros de pesquisa agrícola, ver Hewitt de Alcântara (1976), Dahlberg (1979) e Pearse (1980). Esta rede fornece a base institucional para a transferência de VAR s e de técnicas de criação de plantas e é agora financiada por um consórcio multinacional, o Grupo Consultivo para a Pesquisa Agrícola internacional: * *apoiado por governos, agências multilaterais e fundações do mundo ocidental.

* Em inglês, Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR).

** Em inglês, HYV's (High-Yelding Varieties).

[45] Há atualmente uma enorme literatura dedicada aos efeitos econômicos e sociais da "nova tecnologia" sobre a agricultura camponesa, incluindo a série de estudos da UNRISD que fornecem a base para Pearse (1980).

[46] Byres (1981) revê, para o caso da Índia, a literatura sobre a importância relativa dos fatores técnicos e econômicos para determinar "se a 'nova tecnologia' é portadora da mecanização".

[47] Muitos autores, incluindo Palmer (1972), deram destaque ao fato de que, além dos fertilizantes químicos, as novas variedades são muito mais dependentes que as variedades indígenas com relação aos pesticidas, fungicidas e herbicidas para que as safras, sob o manto de sua proteção, realizem seu potencial de rendimento.

[48] Naturalmente, não se nega com isto que as inovações mecânicas podem, independentemente, redefinir o processo rural de trabalho.

[49] Palmer (1972) alerta quanto às graves conseqüências desta intervenção e da correspondente erosão da diversidade genética mundial de culturas alimentícias à medida em que as VARs criadas pelo homem ocupam terras previamente dedicadas às variedades indígenas e aos cultivares primitivos, descendentes das variedades originais ou ecotipos. Ele frisa enfaticamente que "...a necessidade vital de preservar o reservatório de diversidade genética *insubstituível* que fornece ao moderno criador de plantas seus 'blocos de construção' básicos deve ser preocupação de todos os planejadores agrícolas" (ib.: p. 83). Para uma discussão mais recente da erosão genética e da ameaça aos recursos genéticos agrícolas mundiais, ver Money (1983).

[50] Deveríamos observar, de passagem, que os compostos forrageiros, que não possuem os valores culturais e os simbolismos associados com o alimento humano, são talvez a manifestação mais clara da tendência na direção dos produtos reconstituídos. A forragem animal enfatiza, igualmente, o crescente domínio da indústria química.

[51] A atual crise no setor dos tratores e equipamentos agrícolas e as dificuldades de grandes firmas como a International Harvester e a Massey-Ferguson, confrontadas com mercados saturados e lentos, são indicadores disto.

[52] A expansão dos capitais mercantis com o surgimento do comércio transoceânico de grãos é examinado por Morgan (1979), que apresenta um relato fascinante das origens das cinco companhias que atualmente dominam este comércio.

[53] Antes de 1870, a indústria de moagem se caracterizava pelo grande número de moinhos rurais espalhados, usando o vento e a água, e não o vapor, como força motriz.

[54] Um biólogo americano, Clarence Birdseye, introduziu métodos mecânicos de congelamento rápido em 1930 e, em seguida, associou-se à General Foods Corporation, que consolidou um empreendimento mundial sob a marca registrada *Birds Eye.* Os direitos europeus ao uso da marca e da técnica de refrigeração foram adquiridos pela Unilever, que continua a controlar a subsidiária para o Reino Unido, agora denominada *Birds Eye Wal/'s (The Times,* 9/2/1985).

[55]As condições na indústria de processamento da carne são descritas pelo famoso romance de Upton Sinclair, *Thejungle.* Acirradas campanhas denunciando a corrupção eram dirigidas contra as atividades do "maior trust do mundo". Há uma extensa literatura que trata do período anterior a 1920, muita da qual se ocupa das origens da legislação antitrust e das políticas públicas de regulamentação.

[56] Usava-se gelo para transportar peixe e carne fresca, enquanto que os métodos de salgadura, defumação e secagem ao sol são de origem antiga. Em meados do século XIX, números consideráveis de animais vivos eram transportados dos Estados Unidos para abate na Inglaterra.

[57] Sobre o mercado potencial para um substituto da manteiga na classe trabalhadora em expansão nas novas cidades industriais da Inglaterra e Alemanha, ver Wilson (1954).

[58] A nova indústria da margarina foi estabelecida primeiro no Holanda por capitalistas mercantes, como Jergens e Van der Berghs, que finalmente se tornaram sócios na Unilever.

[59] Esta mesma dinâmica e uma mudança semelhante na oferta de matéria-prima que passou de óleos e gorduras animais para vegetais são evidentes no crescimento da indústria de sabões, este outro grande braço das operações da Unilever.

[60] Estas tentativas foram intensificadas pelos preços crescentes e inconstantes das gorduras animais, provocados pelo aumento constante da demanda por parte dos fabricantes de margarina e sabões, e pela formação em 1901 de um cartel pelos processadores de carne americanos.

[61] Inovações recentes nas técnicas de separação e fracionamento usadas na indústria alimentícia têm efeitos semelhantes, liberando os fabricantes das limitações impostas pelas cadeias agroalimentícias, como destacamos abaixo.

[62] Até a década de 1920, esta indústria era dominada por dois grandes ramos - a indústria artificial de soda e tinturas orgânicas sintéticas - cujos destinos estavam intimamente ligados às demandas da produção têxtil.

[63] Os azocorantes, ainda hoje amplamente utilizados na coloração de alimentos, foram introduzidos nesse período.

[64] Tinturas sintéticas também fornecem a base para a expansão de diversas outras firmas de renome, incluindo a Hoechst, Bayer e Agfa.

[65] Esta expansão é atribuída por Haber (1971) a T.J. Kreps.

[66] A celulose era tratada com soca cáustica aquosa e, em seguida, com bisulfito de carbono para se obter uma forma solúvel de celulose denominada viscose, produzida através de técnicas de extrusão. O quarto método principal, o processo de acetato de celulose, foi introduzido comercialmente na década de 20. Foram os irmãos Dreyfus os responsáveis por este desenvolvimento que levou à formação da *Britisb Celanese Limited* (Coleman, 1969).

[67] A respeito da estrutura dos setores de fabricação e de distribuição varejista de alimentos nos Estados Unidos, ver Parker (1976) e Connor (1980). O caso britânico é examinado por Burns (1983) e Burns *et al.* (1983). Os países membros da OECD (Organização para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento) são examinados em OECD (1979).

[68] Isto é menos válido para os setores de processamento primário que produzem ingredientes intermediários básicos para os fabricantes dos produtos alimentícios finais. Esses setores operam com baixas margens de lucro fabricando produtos relativamente homogêneos e as economias de escala da produção em massa são, conseqüentemente, mais importantes.

[69] As implicações para a estrutura da indústria de produção de alimentos advindas das novas formas de substitucionismo, particularmente a crescente importância da microbiologia no processamento alimentício, são examinadas abaixo em diversos momentos e, principalmente, no Capítulo 3.

[70] É significativo que os grandes processadores de alimentos na Inglaterra, especialmente Booker McConnell, moveram-se rapidamente para dominar a indústria de "alimentos naturais" e as instalações de distribuição varejista.

[71] Estas estimativas da proporção da produção realizada sob contrato e da integração vertical em 1970 são tiradas de USDA-ERS (1972), citadas por OECD (1979). Para as mudanças recentes nas relações contratuais entre agricultores e processadores no Reino Unido, ver Malcoln (1983).

[72] As técnicas mais amplamente utilizadas atualmente são as de propagação clonal e somaclonal. A primeira pode ser usada para a produção em grande escala de "cópias-carbono genéticas" de variedades híbridas superiores. A propagação somaclonal usa métodos de cultura de tecidos para capturar a variabilidade genética que pode, então, servir como base para o desenvolvimento de novas linhas de reprodução e de variedades aperfeiçoadas (Sharp *et al. 1984).*

[73] Sobre esta questão, ver OECD (1979) e Dunnill (1981).

[74] Com exceção das firmas gigantes, os gastos com pesquisa e desenvolvimento científico na indústria alimentícia são pequenos e voltados principalmente para formas secundárias de inovação de produtos, que exigem pouco, ou nenhum, aperfeiçoamento tecnológico. Dunnill calcula que a maioria das firmas do Reino Unido gastam menos de 1 % de suas rendas com as vendas, em pesquisa, enquanto que as grandes firmas químicas e farmacêuticas gastam entre 3 e 10%.

[75] Citado em OECD (1979: p. 304).

[76] De acordo com a OECD (1979: p.341), "O conceito de fracionamento pode ser aplicado ao nível mais baixo, o da molécula orgânica, onde já não é mais o caso de se separar dois componentes identificáveis pré-existentes mas de partir um componente em dois ou mais". Por exemplo, o grupo de carboidratos conhecidos como dissacarídeos, que inclui a sucrose, e a lactose, podem ser hidrolizados em dois açúcares simples (monossacarídeos), a glucose e a frutose.

[77] A indústria alimentícia está, assim, apropriando-se de parte do valor agregado na preparação dos alimentos anteriormente representado pelo trabalho doméstico.

[78] Numa investigação da indústria alimentícia entre 1935 e 1965, citada pela OECD (1979), Buzzel e Nourse (1967) apontam dez produtos como "verdadeiramente novos" em termos de forma, tecnologia ou ingredientes, para distinguir dos aperfeiçoamentos de produtos ou das ampliações das linhas de produtos existentes. Estes dez são: misturas para bolos, vegetais congelados e café instantâneo (que foram introduzidos antes da Segunda guerra), batatas desidratadas, jantares congelados, concentrados de suco de frutas, alimentos dietéticos líquidos, leite em pó desnatado, arroz empacotado, e "creme" em pó para café.

[79] Como sugerimos abaixo, no Capítulo 3, estas mudanças alcançarão um ímpeto muito mais acentuado à medida em que as biotecnologias avançadas aumentarem o grau de deficiência com que as plantas e as outras matérias vegetais puderem ser convertidas em alimentos, rações, fibras, produtos químicos e combustível. Do mesmo modo, as safras agrícolas tradicionais enfrentarão uma concorrência crescente por parte de outros materiais renováveis que poderão ser usados como substratos desses produtos de consumo final.

[80] Para uma maior discussão dos aditivos alimentares, ver Taylor (1981), flightower (1976) e Millstone (198'5; 1986).

[81] Estes produtos podem também ser derivados de outras fontes menos convencionais de proteína, incluindo biomassa, resíduos de safras, dejetos orgânicos, algas e hidrocarbonos. As tecnologias de extrusão alimentar desempenharam um papel importante no rápido crescimento da indústria de petiscos *(snack products)* desde 1950.

[82] A proteína de soja foi aprovada como suplementador de carne no programa de alimentação escolar norte-americano em 1970.

[83] Inovações recentes nas técnicas de separação alimentar que dependem muito da engenharia química incluem solventes de extração, troca, intercâmbio de íons na purificação do açúcar, e filtragem (de, por) membranas.

[84] *A Primavera Silenciosa,* de RacheI Carson, publicado em 1962, foi um dos primeiros trabalhos a alertar a consciência pública sobre os efeitos perigosos e ecologicamente danosos dos agroquímicos.

[85] O desmatamento das florestas tropicais para formar pastagem e produzir carne para hambúrgueres e as políticas de subsídio à agricultura de exportação às expensas das culturas alimentares constituem exemplos.

[86] A extensão e os custos da erosão do solo nos EUA são considerados por Crosson (1982).

[87] O crescimento da produtividade das culturas diminuiu significativamente desde 1972, dando origem à especulação de que os limites da produtividade estão sendo alcançados. A evidência foi revista por Heady (1982).

[88] A abundância de relatórios originários de agências públicas, instituições multilaterais e de encontros científicos constitui um sinal óbvio sobre a "redescoberta" da biotecnologia e confiança em seu futuro comercial. Uma lista de publicações pode ser encontrada em BulI *et al. (1982).*

[89] Dentre as mais importantes pesquisas recentes sobre biotecnologia, ver BulI *et al.* (1982) e Ota (1981; 1984).

[90] As origens históricas da biologia molecular nas antigas versões da genética estruturalista, bioquímica e informacional são discutidas por Allen (1978).

[91] As inovações que constituem esse "ferramental" são discutidas por Cherfas (1982).

[92] Grupos de pesquisadores das Universidades de Ghent e Leiden usaram o plasmídeo Ti, com sucesso, como o sistema vetorial em trabalhos com duas plantas monocotiledôneas, o aspargo e o narciso *(The Economist,* 6.4.1985).

[93] O CRS (1984) sugere que aplicação mais ampla dos métodos de cultura de tecidos é inibida pelas dificuldades em regenerar plantas completas de células isoladas. Aplicações comerciais bem-sucedidas incluem plantas ornamentais, hortícolas, frutas e as palmáceas da tâmara, coco e dendê.

[94] Para uma avaliação das possíveis aplicações de técnicas microbiológicas ao aperfeiçoamento de plantas, veja Barton e Brill (1983).

[95] De acordo com estimativas de consultores, L. WilIiam Teweles & Co., citadas por CRS (1984), prevê-se que o valor das sementes incorporando as melhorias devido a novas biotecnologias vegetais deverá aumentar de 8 milhões de dólares em 1985 para 6 bilhões de dólares por volta do ano 2000.

[96] Programas seletivos de melhoramentos podem produzir retornos significativos. Assim, por concentrar em variedades de soja relativamente mais eficientes em FBN ao invés de aumentar a produtividade através de fertilizantes, produtores brasileiros têm feito economias no consumo anual de fertilizantes nitrogenados da ordem de 1 bilhão de dólares. Um programa semelhante está atualmente em curso para a cana-de-açúcar, em seqüência à identificação de uma variedade que fixa nitrogênio diretamente do ar (FT70 The Economist, 2.11.1985).

[97] O "estado da arte" em fixação biológica do nitrogênio foi revisto por Brill (1981), Barton e Brill (1983) e vários articulistas de BOSTID (1982).

[98] De acordo com Brill (1982), os fazendeiros dos EUA dispendem aproximadamente 1 bilhão de dólares em

fertilizantes nitrogenados apenas na cultura do milho. Isto ilustra o mercado potencial para variedades capazes de fixar biologicamente o nitrogênio, bem como para aquelas que fazem uso mais eficiente dos fertilizantes químicos aplicados ao solo.

[99] Essas aquisições são parte, freqüentemente, de estratégias corporativas mais amplas em microbiologia e biociências, das quais a biotecnologia vegetal representa apenas um elemento. Uma vez que os avanços em biotecnologia possuem aplicações em diferentes setores, as grandes corporações que dominam hoje as indústrias químicas, farmacêuticas e alimentícias não podem ignorar o potencial dessas inovações na reestruturação industrial. A compra recente de firmas de sementes e de pesquisas genéticas deve ser colocada no contexto das bioindústrias emergentes.

[100] A diversificação pode ser provocada também por considerações defensivas e por prospectos de crescimento. Assim, Morehouse e Dembo (1984) citam estimativas de vendas, para 1992, das novas sementes "bioengenhadas" fertilizantes e defensivos agrícolas, e também dos mercados perdidos à medida que esses produtos deslocam os existentes.

[101] De acordo com Morehouse and Dembo (1984), 78 firmas citadas na Lista das 500 Maiores Corporações Industriais dos E UA de 1982, da revista *Fortune,* tinham interesses ativos em biotecnologia.

[102] A vulnerabilidade financeira das novas firmas de pesquisas e desenvolvimento em biotecnologia e a sua falta de instalações industriais e de comercialização as têm tornado presas fáceis para as grandes e ávidas corporações, ansiosas por garantirem um ponto de apoio na nova indústria.

[103] Estudos conduzidos em Iowa mostram que metade do aumento total na produtividade do milho desde 1950 é devida à adaptação de híbridos e ambientes férteis, e o restante ao aperfeiçoamento da fertilização, controle de pestes e outras práticas culturais.

[104] As vendas mundiais estimadas nesses mercados em 1981 somaram 7,5 bilhões de dólares, incluindo-se aí produtos nutricionais (2,5 bilhões), antibacterianos (2 bilhões) e vacinas (1 bilhão).

[105] Pesquisas estão também em andamento para a manufatura de vacinas sintéticas para a febre aftosa com base em proteínas feitas pelo homem. Isso teria a vantagem da velocidade, uma vez que à medida que novos vírus aparecessem, novas vacinas poderiam ser compostas a partir de "elementos químicos baratos, retirados da prateleira" *(Tbe Economist, 25.2.84).*

[106] Esta discussão está baseada no projeto de instalação para o alface de uma pequena companhia de hidroponia, chamada Hanock Farms, realizado por Whittaker Agri-Systems, Whittaker Corporation.

[107] As enzimas, que são proteínas, catalisam todas as reações químicas vivas, e "cada reação simples, ou cada passo em uma reação complexa, é catalisado por uma enzima que existe especificamente para aquele propósito, de forma que as células vivas contêm milhares de enzimas diferentes" (Perutz, 1985). Os genes determinam a estrutura e forma das enzimas.

[108] No caso das enzimas, por exemplo, a sua capacidade de sintetizar ou decompor compostos químicos, ou de convertê-los a uma forma diferente, é utilizada na indústria alimentar nas atividades de fracionamento e separação.

[109] Esse mercado é dominado por duas firmas européias, a Novo Industries da Dinamarca e a Gist Brocades NV da Holanda. As enzimas usadas na indústria alimentar têm sido tradicionalmente extraídas das células de plantas e animais. No entanto, desde o advento da engenharia genética, a produção de enzimas microbiais de bactérias, fermentos e fungos vem aumentando rapidamente. Por exemplo, a renina obtida dos estômagos dos bezerros para uso na fabricação do queijo agora pode ser produzida através da engenharia genética.

[110] Como amostras de solo de todas a mais importantes regiões geográficas já foram cuidadosamente estudadas, atualmente a busca por enzimas estende-se aos ambientes mais hostis.

[111] Seria errado assumir, no entanto, que apenas dificuldades menores estão no caminho de aplicações bem-sucedidas da engenharia genética a microorganismos úteis industrialmente. A OTA (1981) identifica, assim, "diversas limitações técnicas dignas de nota" que devem persistir ainda por algum tempo.

[112] Ulmer refere-se aqui ao desenvolvimento das técnicas de segunda geração do ADN-recombinante, conhecidas como engenharia de proteínas. Isso "significa que os produtos protéicos especificados pelos genes podem ser modificados estruturalmente". (Dunnill e Rudd, 1984: p. 13).

[113] O processo desenvolvido pela ICI para a conversão microbiana do metanol derivado do gás natural em proteína comestível, conhecida como "Pruteen", talvez seja a iniciativa comercial mais famosa em produção de PCU. O mercado atual para esse produto está restrito a aditivos alimentares de alta proteína para bezerros e leitões. Outros programas lançados nos anos 60, como os da British Petroleum e da Shell, foram abandonados.

[114] A produção soviética de PCU é de cerca de 1 milhão de toneladas, e uma produção anual de cerca de 3 milhões de toneladas seria necessária para substituir a soja importada como fonte de proteína para a alimentação animal. Aproximadamente metade da produção soviética de PCU é derivada da celulose e o resto do petróleo (OTA, 1984).

[115] *Financial Times,* 11.9.1984. A micoproteína foi aprovada como segura para consumo humano em 1980, após quase vinte anos de trabalhos de P&D. *A joint venture* permitirá à RHM utilizar as instalações de fermentação da ICI e os conhecimentos de engenharia de processos desenvolvidos quando da produção da ração animal feita com PCU, a "Pruteen".

[116] Outras aplicações incluem a produção de antibióticos de penicilina, aminoácidos L e tratamento de dejetos. No entanto, Cheetham (1983) enfatiza que essa tecnologia encontra problemas difíceis de ampliação de escala em muitos casos.

[117] Outras aplicações incluem a produção de antibióticos de penicilina, aminoácidos L e tratamento de dejetos. No entanto, Cheetham (1983) enfatiza que essa tecnologia encontra problemas difíceis de ampliação de escala em muitos casos.

[118] De acordo com Stewart (1983), a Standard Brands, Nabisco Brands desde 1981, que foi pioneira do XMAF nos Estados Unidos, usou a mutagênese para aumentar o ritmo de produção da isomerase de glicose por um fator de 200 em relação ao organismo original. A frutose é 1,7 vez mais doce que o açúcar de cana (sacarose) em uma base de peso por peso. Os XMAF de segunda geração, ou os xaropes "enriquecidos ", têm uma concentração de frutose de 55% ou mais.

[119] Crott (1982), por exemplo, estima que os adoçantes de milho e outros substitutos responderão por 9% do mercado mundial de açúcar em 1990.

[120] No caso dos combustíveis e dos produtos químicos, é essencial manter a mente aberta sobre a competitividade das matérias-primas da biomassa em relação a fontes alternativas (petróleo, carvão, óleo de xisto, areias betuminosas, energia nuclear), bem como sobre a eficiência dos diferentes métodos de conversão da biomassa (combustão, pirólise, hidrólise, gaseificação ou fermentação). Para uma discussão adicional, veja Bull *et al. (1982).*

[121] A expansão do cultivo da cana-de-açúcar deslocou culturas alimentares básicas, gerando um quente debate sobre os méritos das estratégias do "combustível versus alimentos" (Homem de Meio e Fonseca, 1981; IBRD, 1981). Para uma recente avaliação econômica do programa brasileiro do álcool, veja Seroa da Motta (1985).

[122] O etanol é menos versátil que o petróleo como matéria-prima química, uma vez que os seus subprodutos não incluem os aromáticos, como o benzeno.

[123] Já em meados dos anos 70, 58 centavos de cada dólar gasto pelos consumidores em alimentação e preços do varejo nos Estados Unidos foram para os processadores de alimentos (Heady, 1976).

[124] O programa americano do etanol foi, recentemente, reduzido significativamente. Os mercados de exportação para o glúten de milho, o co-produto-chave da indústria de XMAF, estão ameaçados pelas políticas da CEE de promover a produção de rações animais na Europa, bem como por mudanças possíveis na regulamentação das importações.

[125] Apesar de os interesses ligados ao milho terem sido bem-sucedidos em solapar a proteína de célula única

baseada no petróleo no Ocidente, a produção continua a se expandir nos países do Bloco do Leste. A queda no preço do petróleo também provavelmente reviverá o desenvolvimento da PCU no Oriente Médio.

[126] A crescente preferência por baixa ingestão de colesterol resultou em uma mudança pronunciada em direção a produtos lácteos mais processados nos EUA. O consumo *per capita* de leite integral fresco caiu 40% de 1955 a 1978, enquanto que o consumo de leite desnatado ou semidesnatado subiu 390%. O consumo *per capita* de manteiga caiu 45 % no mesmo período e alcança agora um nível de 4 libras, em comparação com 12 libras para a margarina (Forste e Frick, 1979).

[127] Citado em OTA (1981).

[128] Entendemos que os benefícios da garantia de preços agrícolas foram distribuídos desigualmente entre grandes e pequenas fazendas e que esses efeitos distribucionais são, em si, uma explicação importante para a crescente concentração da estrutura rural no pós-guerra. Sobre o caso dos EUA, ver Lin *et al. (1981).*

[129] Entre 1920, quando foi enumerada pela primeira vez, e 1979, a população agrícola dos EUA caiu aproximadamente 80%; um decréscimo absoluto de 24,25 milhões de pessoas (USDA, 1981).

[130] No Reino Unido, a consolidação de fazendas tem sido um processo muito mais lento e o tamanho médio das mesmas apenas dobrou desde o início do século.

[131] De acordo com Clout (1984), o número de fazendas de tempo parcial acima de um hectare na CEE, no início dos anos 70, foi estimado, conservadoramente, em dois milhões, e a Alemanha Ocidental e a Itália responderam, cada uma, por pouco mais de um terço do total.

[132] Assim, Buttel (1983) cita dados de 1973 que indicam que aquelas grandes fazendas que possuíam trabalhadores de tempo integral tinham oito trabalhadores, em média.

[133] Não houve a intenção de fazê-los completamente abrangentes. Por exemplo, embora não consideradas a seguir, as biotecnologias provavelmente farão uma contribuição importante a qualquer transição dos cultivos intensivos em combustível fóssil para formas modernas de agricultura orgânica.

[134] O melhor exemplo, no caso de culturas aráveis, é a proposta atual da Confederação Européia das Indústrias Químicas para pesquisa sobre a produção de óleos de sementes de "cadeias curtas". O mesmo princípio aplica-se a criações, com pesquisas em andamento para transformar a vaca leiteira em uma "fábrica de proteína" capaz de competir com a própria indústria farmacêutica ("La Vache Pharmacienne", *Science et Vie,* março de 1986).